

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**ESTRUCTURA DE LAS ESPECIES DE MANGLE EN EL
SANTUARIO NACIONAL LOS MANGLARES DE TUMBES**

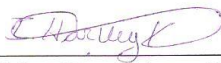
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO

PRESENTADO POR

Br. IDROGO HARVEY IZBET KAREL

PIURA - PERÚ


2016



Br. Izbet Karel Idrogo Harvey
Ejecutor



Blgo. Manuel Jesús Charcape Ravelo. Dr.
Asesor



Ing. Rodolfo Rodríguez Arisméndiz. M. Sc.
Coasesor



Blgo. Ronald Wilmer Marcial Ramos. M. Sc.
Presidente de Jurado



Blgo. Santiago Coronel Chávez. M. Sc.
Secretario de Jurado



Blgo. Juan Martínez Mendoza. M. Sc.
Vocal de Jurado



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA FACULTAD DE CIENCIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN 043-2016-FC-UNP

Los Miembros del Jurado Calificador que suscriben, reunidos para evaluar la Tesis denominada "ESTRUCTURA DE LAS ESPECIES DE MANGLE EN EL SANTUARIO NACIONAL LOS MANGLARES DE TUMBES" presentada por la señorita Bachiller IZBET KAREL IDROGO HARVEY, con el asesoramiento del Dr. Manuel Jesús Charcape Ravelo.

Oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, y de conformidad al Reglamento de Tesis para obtener el Título Profesional en la Facultad de Ciencias, la declaran:

APROBADA (x)

DESAPROBADA ()

Con la mención de:

MUY BUENO

(x) En consecuencia, queda en condición de ser ratificado por el Consejo de Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **TITULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO**.

(x) En consecuencia, queda en condición de ser ratificado por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **TITULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO**; después que la sustentante incorpore la sugerencia del Jurado Calificador.

Piura, 10 de agosto del 2016.

Blgo. RONALD WILMER MARCIAL RAMOS, MSc.
PRESIDENTE DE JURADO DE TESIS

Blgo. SANTIAGO CORONEL CHÁVEZ, MSc.
SECRETARIO DE JURADO DE TESIS

Blgo. JUAN AGAPITO MARTÍNEZ MENDOZA, M.Sc.
VOCAL DE JURADO DE TESIS



Campus Universitario - Urb. Miraflores S/N. Castilla
PIURA - PERU



DEDICATORIA

*A mis padres Socorro y Noé, hermana Magna y abuelo Héctor por su
compañía y apoyo.*

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Rodolfo Rodríguez Arisméndiz, jefe del Laboratorio de Dendrocronología y de la Estación Radar de la Universidad de Piura (UDEP), por su confianza y coasesoría en el desarrollo de este estudio.

Al Dr. Ken Takahashi Guevara, jefe del Área de Variabilidad y Cambio Climático del Instituto Geofísico del Perú (IGP) y Director General del Proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en los Manglares de Tumbes-Perú”, a través del cual se brindó el apoyo económico en lo concerniente al desarrollo del trabajo de campo. Al igual, por sus sugerencias y comentarios en el desarrollo de este estudio.

Al Blgo. Manuel Charcape Ravelo por su asesoría y recomendaciones brindadas en el trabajo de campo y de análisis de resultados.

Al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) sede Tumbes, en especial al Ing. Eduardo Ríos Girón por las facilidades otorgadas para el desarrollo del trabajo de campo, a través de la disponibilidad del personal guardaparque y la estadía en el Puesto de Control SERNANP “El Algarrobo” (Zarumilla-Tumbes).

Al personal guardaparque de SERNANP del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, Srs. Carlos Ricardi Benites, Martín Silva Sernaqué, Isidoro Aguirre Hidalgo y Edgar Espinoza Córdova; por su cordialidad, conocimientos brindados sobre este ecosistema y la guía al interior del mismo.

Al Ing. Henry Preciado Chune de Mecanismos de Desarrollo Alterno MDA-Perú, por facilitar la obtención de tesis realizadas en el lugar de estudio e información sobre su escorrentía.

A Jean Carlo Fajardo Urbina, tesista integrante del Proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en los Manglares de Tumbes-Perú” por el análisis de salinidad de las muestras colectadas en el primer muestreo.

Al Br. Ingeniería Civil Herbert Rosas Moreto de la Universidad de Piura por la construcción de los perfiles verticales y horizontales de vegetación.

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
I. Introducción.....	1
II. Materiales y métodos.....	4
2.1 Ubicación del área de estudio.....	4
2.2 Descripción del área de estudio.....	5
2.2.1 Tipo de manglar.....	5
2.2.2 Islas que lo conforman.....	5
2.2.3 Fisiografía y topografía.....	5
2.2.4 Geología.....	5
2.2.5 Edafología.....	6
2.2.6 Clima.....	6
2.2.7 Hidrología.....	6
2.2.8 Zonificación del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.....	7
2.2.9 Estratos de vegetación.....	9
2.2.10 Tipos de vegetación del manglar.....	9
2.3 Descripción de las especies.....	11
2.4 Elección de las parcelas de muestreo.....	12
2.5 Elección de los individuos.....	13
2.6 Medición del diámetro de tronco.....	14
2.7 Medición de la altura total.....	14
2.8 Medición del área de copa.....	15
2.9 Evaluación de factores ambientales.....	15
2.9.1 Salinidad intersticial.....	15
2.9.2 Temperatura ambiental.....	16
2.9.3 Temperatura del suelo.....	16
2.10 Proceso de datos.....	16
2.10.1 Caracterización de la estructura horizontal.....	16
2.10.2 Caracterización de la estructura vertical.....	17
2.10.3 Evaluación de factores ambientales.....	18
2.10.3.1 Salinidad intersticial.....	18
2.10.3.2 Temperatura ambiental.....	18

2.10.3.3 Temperatura del suelo.....	19
2.10.4 Relación DAP-H.....	19
2.10.5 Estimación de la cobertura.....	19
2.10.6 Elaboración de perfiles de vegetación.....	19
III. Resultados.....	21
3.1 Distribución diamétrica.....	21
3.2 Distribución de alturas.....	24
3.3 DAP, altura y la salinidad intersticial.....	27
3.4 DAP, altura y la temperatura.....	28
3.5 Relación DAP-H.....	29
3.6 Cobertura de las especies.....	31
3.7 Perfiles de vegetación.....	31
IV. Discusión.....	37
V. Conclusión.....	47
VI. Recomendaciones.....	48
VII. Referencias bibliográficas.....	49
VIII. Anexos.....	59

ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Estratos de vegetación en las zonas del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.....	9
Cuadro 2. Clases de individuos según clases estándar de DAP.....	16
Cuadro 3. Intervalos para determinar la tendencia de distribución diamétrica.....	17
Cuadro 4. Clases de individuos según clases de altura de la IUFRO.....	17
Cuadro 5. Intervalos para determinar la tendencia de distribución de alturas.....	18
Cuadro 6. Requerimientos de salinidad de las especies evaluadas.....	18
Cuadro 7. Temperatura ambiental media para el desarrollo de las especies de mangle.....	19
Cuadro 8. DAP mínimo, máximo y promedio para cada especie.....	21
Cuadro 9. Distribución diamétrica según clases estándar.....	21
Cuadro 10. Distribución diamétrica según clases arbitrarias.....	22
Cuadro 11. Altura mínima, máxima y promedio para cada especie.....	24
Cuadro 12. Clasificación según estratos de altura estándar.....	24
Cuadro 13. Distribución de alturas según clases arbitrarias.....	24
Cuadro 14. Salinidad intersticial en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.....	27
Cuadro 15. Temperatura ambiental y del suelo en las parcelas.....	28
Cuadro 16. Cobertura de las especies de mangle en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.....	31
Cuadro 17. Ficha de registro de datos en campo.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Fig. 1. Área de la zona de estudio (enmarcado en rojo).....	4
Fig. 2. Tipos de vegetación del ecosistema manglar.....	11
Fig. 3. Distribución de las parcelas en las islas del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.....	13
Fig. 4. Símbolos estándar para manglares.....	20
Fig. 5. Símbolo estándar para <i>Conocarpus erectus</i>	20
Fig. 6. Distribución diamétrica para <i>Rhizophora mangle</i>	22
Fig. 7. Distribución diamétrica para <i>Rhizophora harrisonii</i>	22
Fig. 8. Distribución diamétrica para <i>Avicennia germinans</i>	23
Fig. 9. Distribución diamétrica para <i>Laguncularia racemosa</i>	23
Fig. 10. Distribución diamétrica para <i>Conocarpus erectus</i>	23
Fig. 11. Distribución de alturas para <i>Rhizophora mangle</i>	25
Fig. 12. Distribución de alturas para <i>Rhizophora harrisonii</i>	25
Fig. 13. Distribución de alturas para <i>Avicennia germinans</i>	26
Fig. 14. Distribución de alturas para <i>Laguncularia racemosa</i>	26
Fig. 15. Distribución de alturas para <i>Conocarpus erectus</i>	26
Fig. 16. Correlación entre DAP y alturas de los individuos de <i>Rhizophora mangle</i>	29
Fig. 17. Correlación entre DAP y alturas de los individuos de <i>Rhizophora harrisonii</i>	30
Fig. 18. Correlación entre DAP y alturas de los individuos de <i>Avicennia germinans</i>	30
Fig. 19. Correlación entre DAP y alturas de los individuos de <i>Laguncularia racemosa</i>	30
Fig. 20. Correlación entre DAP y alturas de los individuos de <i>Conocarpus erectus</i>	31
Fig. 21. Perfil vertical de la parcela 41-isla Correa con individuos de <i>Rhizophora mangle</i> y <i>Avicennia germinans</i>	32
Fig. 22. Perfil vertical de la parcela 31-isla La Chalaquera con individuos de <i>Rhizophora harrisonii</i>	32
Fig. 23. Perfil vertical de la parcela 40-isla Las Almejas con individuos de <i>Conocarpus erectus</i>	33
Fig. 24. Perfil vertical de la parcela 44-isla Matapalo con individuos de <i>Avicennia germinans</i>	33
Fig. 25. Perfil vertical de la parcela 45-isla Las Almejas con individuos de <i>Laguncularia racemosa</i>	34

Fig. 26. Perfil horizontal de la parcela 43-isla Matapalo con individuos de <i>Conocarpus erectus</i>	35
Fig. 27. Perfil horizontal de la parcela 39-isla Las Almejas con individuos de <i>Laguncularia racemosa</i>	35
Fig. 28. Perfil horizontal de la parcela 44-isla Matapalo con individuos de <i>Avicennia germinans</i>	36
Fig. 29. Perfil horizontal de la parcela 47-isla Correa con individuos de <i>Rhizophora mangle</i>	36
Fig. 30. Reglas para la medición del DAP.....	60
Fig. 31. Registro de la altura.....	61
Fig. 32. Informe de análisis de conductividad eléctrica de la Universidad Nacional Agraria La Molina.....	62
Fig. 33. Población de <i>Avicennia germinans</i> “mangle negro” tipo matorral.....	63
Fig. 34 y 35. Plántulas de <i>Avicennia germinans</i> con plagas/Adultos con plagas.....	63
Fig. 36 y 37. Individuo maduro de <i>Avicennia germinans</i> (10 cm de alto)/Inflorescencia...63	
Fig. 38 y 39. Arbustos de <i>Laguncularia racemosa</i> “mangle blanco”/Árbol (centro).....	64
Fig. 40 y 41. Árboles de <i>Rhizophora harrisonii</i> “mangle colorado” en isla Chalaquera/En isla Roncal.....	64
Fig. 42 y 43. <i>Rhizophora mangle</i> “mangle rojo” en las orillas/Juvenil en interior.....	64
Fig. 44 y 45. “Agallas” en el tronco de <i>Rhizophora</i> spp. /Propágulos en las orillas.....	65
Fig. 46 y 47. <i>Conocarpus erectus</i> “mangle piña” en Las Almejas/En Matapalo.....	65
Fig. 48 y 49. Juveniles de <i>Rhizophora</i> spp. en Estero La Envidia-isla Almejas/Árboles de <i>Avicennia germinans</i> y arbusto de <i>Conocarpus erectus</i> en Las Esterlinas-isla Matapalo.....	65
Fig. 50. Diferencia del nivel y humedad del sustrato en el sector Las Esterlinas-isla Matapalo.....	66
Fig. 51. Entrecruzamiento de troncos, ramas y raíces aéreas.....	66
Fig. 52. Vegetación al interior de las islas.....	67
Fig. 53. Chorros de agua que penetran la vegetación de mangle.....	67
Fig. 54. Pampas hipersalinas al interior de la islas.....	68
Fig. 55. Vegetación en las lagunas del interior de las islas.....	68
Fig. 56. <i>Rhizophora mangle</i> “mangle rojo”.....	70
Fig. 57. Distribución de <i>Rhizophora mangle</i> en América.....	71
Fig. 58. <i>Rhizophora mangle</i> puede presentar más de un fuste.....	72

Fig. 59 y 60. Plántula de <i>Rhizophora</i> spp/Juvenil de <i>Rhizophora mangle</i>	73
Fig. 61 y 62. Flores de <i>Rhizophora mangle</i> /Inflorescencia.....	73
Fig. 63. Propágulo de <i>Rhizophora mangle</i>	74
Fig. 64. “Agallas” en el tronco de árboles de <i>Rhizophora</i> spp.....	76
Fig. 65. Inflorescencia de <i>Rhizophora harrisonii</i> “mangle colorado”	77
Fig. 66 y 67. Árboles de <i>Rhizophora harrisonii</i>	78
Fig. 68. Árboles de <i>Avicennia germinans</i> “mangle negro”	79
Fig. 69. Distribución de <i>Avicennia germinans</i> en América.....	80
Fig. 70. Tronco tetragono de <i>Avicennia germinans</i>	81
Fig. 71. Alfombra de neumatóforos de <i>Avicennia germinans</i>	81
Fig. 72 y 73. Flor de <i>Avicennia germinans</i> /Inflorescencia.....	82
Fig. 74 y 75. Rama florífera de <i>Avicennia germinans</i> /Fruto.....	83
Fig. 76. Plántulas de <i>Avicennia germinans</i> dañadas por plagas.....	84
Fig. 77. Arbustos de <i>Laguncularia racemosa</i> “mangle blanco”	85
Fig. 78. Inflorescencia de <i>Laguncularia racemosa</i>	86
Fig. 79. Fruto de <i>Laguncularia racemosa</i>	87
Fig. 80. Rama florífera de <i>Laguncularia racemosa</i>	87
Fig. 81. Arbusto de <i>Conocarpus erectus</i> “mangle piña”	89
Fig. 82 y 83. Inflorescencia de <i>Conocarpus erectus</i> /Detalle de la flor.....	90
Fig. 84. “Piñas” de <i>Conocarpus erectus</i>	91
Fig. 85. <i>Conocarpus erectus</i> var. <i>Sericeus</i>	92
Fig. 86. Comparación de las hojas de las cuatro especies de mangle presentes en la Península de Yucatán.....	92
Fig. 87. Detalle de las hojas de las cuatro especies de mangle presentes en la Península de Yucatán y algunas características útiles para su identificación.....	93

RESUMEN

El conocimiento de la estructura de las especies de mangle en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes permite mejorar las medidas preventivas, correctivas o de mitigación a impactos causados a esta área natural. En tal sentido, se describió la estructura diamétrica, de alturas y estimó la cobertura de dichas especies; para lo cual se establecieron mediante un muestreo preferencial, 53 parcelas de 20x10 m y a los individuos con diámetro a la altura del pecho “DAP” $\geq 2,5$ cm se les midió: DAP, altura total (H), largo y ancho de copa. En *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* predominaron los individuos con $5 \leq \text{DAP} < 10$ cm, en *Rhizophora harrisonii* los individuos con $\text{DAP} \geq 10$ cm y en *Conocarpus erectus* los individuos con $2,5 \leq \text{DAP} < 5$ cm. En *Rhizophora mangle* y *Rhizophora harrisonii* predominaron los individuos con $8 \leq H < 16$ m, en *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* los individuos con $H < 8$ m. La distribución de diámetros y alturas presentó una tendencia en “J” invertida (buena regeneración) y evidenció impedimentos en el flujo hacia las clases superiores. La cobertura de *Rhizophora mangle* fue de 26,39 %, de *Rhizophora harrisonii* 11,93 %, de *Avicennia germinans* 9,35 %, de *Laguncularia racemosa* 0,72 % y de *Conocarpus erectus* 0,58 %.

Palabras clave: Dasometría, fisonomía, mangles, Perú.

ABSTRACT

Knowledge of the structure of mangrove species in the National Sanctuary of Tumbes Mangroves improves preventive, corrective or mitigation measures impacts of this natural area. In this regard, the diametric structure, described height and estimated coverage of these species; for which they were established through preferential sampling, 53 plots of 20x10 m and individuals with diameter at breast height "DAP" \geq 2,5 cm were measured: DAP, total height (H), length and crown width. In *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa* predominated individuals with $5 \leq \text{DAP} < 10$ cm, in *Rhizophora harrisonii* the individuals with $\text{DAP} \geq 10$ cm and *Conocarpus erectus* individuals with $2,5 \leq \text{DAP} < 5$ cm. In *Rhizophora mangle* and *Rhizophora harrisonii* predominated individuals with $8 \leq H < 16$ m, in *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* and *Conocarpus erectus* the individuals with $H < 8$ m. The distribution of diameter and height showed a tendency to "J" inverted (good regeneration) and he showed impediments in the flow to the upper classes. *Rhizophora mangle* coverage was 26.39 %, of *Rhizophora harrisonii* 11.93 %, of *Avicennia germinans* 9,35 %, of *Laguncularia racemosa* 0,72 % and *Conocarpus erectus* 0,58 %.

Keywords: Mensuration, physiognomy, mangroves, Peru.

I. INTRODUCCIÓN

El manglar es un ecosistema costero que se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales del planeta, se caracteriza por una vegetación típicamente leñosa que se asocia con otros componentes de la flora y fauna bien adaptados a las condiciones limitantes de salinidad, sustrato no consolidado, poco oxígeno y un hábitat con frecuencia sumergido por las mareas. Se denomina mangle a las especies de árboles y arbustos que componen el manglar (Agraz, Noriega, López, Flores, Jiménez, 2006).

Los manglares mantienen su diferencia con otros ecosistemas boscosos por la enorme cantidad de materia y energía que reciben tanto de la tierra como del mar, ellos constituyen el segundo ecosistema con mayor productividad primaria en el mundo, después de los arrecifes de coral (INRENA, 2007; Cumana *et al.*, 2010).

La función ambiental dominante de los manglares es el mantenimiento de hábitats costero-marinos y la provisión concomitante de alimento y refugio para una gran variedad de organismos a diferentes niveles tróficos. Además, funcionan como una línea protectora ante la erosión del oleaje y los huracanes, por esta razón forman parte de los ecosistemas más importantes en la mitigación del cambio climático. Los manglares también representan una fuente económica importante para las comunidades aledañas que dependen de la pesca artesanal para su subsistencia (Yáñez *et al.*, 1998; Manrow & Vílchez, 2012).

Existen evidencias de que los ecosistemas de manglares tienen gran capacidad de acomodación frente al cambio climático global, sin embargo, aún más que este, las acciones antrópicas acrecientan los riesgos sobre dichos ecosistemas debido principalmente al desarrollo urbano, la tala, el relleno, la contaminación y la explotación forestal sin ordenamiento (Yáñez *et al.*, 1998).

Los manglares en el año 2003 ocupaban a nivel mundial cerca de 150 000 km², en América ocupan aproximadamente 41 332 km², de los cuales América del Norte y Centro América, con las islas del Caribe suman 21 028 km² y América del Sur cubre 20 303 km². En América los manglares se distribuyen desde Baja California Sur y Florida en el norte, hasta

Perú y Brasil en el sur (FAO, 2003 en Olguín *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2004 en Cortés & Rangel, 2011).

A escala global existen más de 50 especies de mangles verdaderos, pertenecientes a 20 géneros y 16 familias (Tomlinson, 1986 en Valdez, 2004). Según Chapman (1974 en Rico, 1993) ocho especies están presentes en América. En los manglares peruanos están presentes los géneros *Rhizophora*, *Avicennia*, *Laguncularia* y *Conocarpus* y se distribuyen desde Tumbes, límite con el Ecuador, hasta Sechura-Piura, límite sur (CDC-UNALM, 1992 en Charcape & Moutarde, 2005).

La estructura de un bosque es un término usado para designar las diferentes distribuciones que presentan las variables medidas en un mismo plano, sea el horizontal o el vertical. Se define también como cualquier situación estable o evolutiva, no anárquica, de una población o comunidad, en la cual pueda detectarse algún tipo de organización representable por un modelo matemático, una ley estadística o una distribución. De esta manera, es posible hablar de la estructura diamétrica, estructura basimétrica, estructura de alturas totales, estructura de copas, estructura de cobertura arbórea, estructura espacial, estructura florística, etc (Espinosa, 1992; Dirección de Fomento Forestal de Nicaragua, 2006).

La estructura de la vegetación se puede inferir a través de su estructura horizontal o vertical. La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque según los parámetros de distribución diamétrica, abundancia, dominancia y/o frecuencia, sociabilidad, número de individuos por unidad de superficie, etc (Ferrer, 2007). La estructura vertical se define como la distribución de las masas foliares en el plano vertical, es decir, los estratos que presenta la formación vegetal (Manrow & Vílchez, 2012).

Por otro lado, las distribuciones diamétricas reflejan el equilibrio del bosque tropical, si éste está en estado natural, y ofrecen valiosa información sobre las estrategias de regeneración de las especies. Las distribuciones de altura permiten observar concentraciones de árboles a diferentes alturas y así detectar los posibles estratos del rodal, a su vez permiten identificar zonas florísticamente diferentes (Dirección de Fomento Forestal de Nicaragua, 2006).

Los ecosistemas de manglar exhiben gran variabilidad en su estructura que responde a los factores de concentraciones de nutrientes aportados por los ríos o escurrimientos terrígenos, frecuencia y períodos de inundación por la marea, nivel topográfico, precipitación e intensidad de evaporación y composición del sedimento. Hay tensores naturales como las sequías prolongadas, huracanes e inundaciones, asimismo su estructura responde a la historia de la vegetación, la intervención humana, etc. Los manglares también varían dentro de su comunidad, lo que origina distintos tipos fisionómicos de bosques con base a su densidad, área basal y altura (Agraz *et al.*, 2006; Ferrer, 2007).

Un aporte muy importante es el de Clavijo y Sandoval (2009), quienes en su estudio “Evaluación de la estructura y composición florística del bosque manglar en el SNLMT”, obtuvieron que en las especies *Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora mangle*, y *Avicennia germinans* predominan los diámetros y las alturas de la clase 6 a 10. Sin embargo, faltan investigaciones que evalúen también a las especies *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*.

El presente estudio permitió conocer el estado estructural actual de las cinco especies de mangle en el SNLMT, lo cual permite mejorar las medidas preventivas, correctivas o de mitigación a impactos causados a esta área natural protegida.

El objetivo de este estudio fue describir la estructura y estimar los porcentajes de cobertura de las especies de mangle en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se desarrolló en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, en sus islas Matapalo, Correa, Las Almejas, Roncal y La Chalaquera (Fig. 1). El SNLMT está ubicado en el litoral de la costa noroeste del Perú, en la provincia y distrito de Zarumilla de la región Tumbes y tiene como coordenadas geográficas centrales 3°25'37" de Latitud Sur y 80°16'36" de Longitud Oeste. El SNLMT tiene una superficie legal de 2972 ha de acuerdo a Decreto Supremo N° 018-88-AG y 2981 ha en base al Sistema de Información Geográfica (INRENA, 2007).

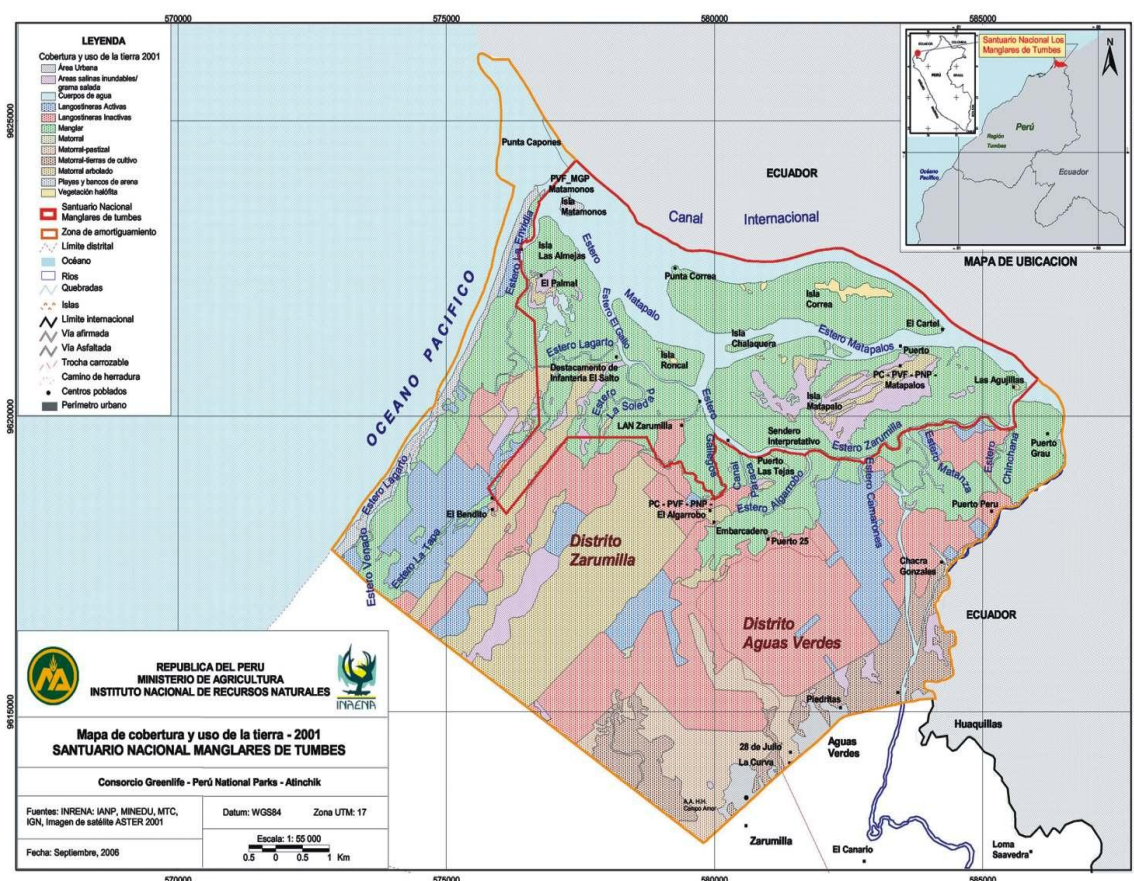


Fig. 1. Área de la zona de estudio (enmarcado en color rojo)

2.2 Descripción del área de estudio

2.2.1 Tipo de manglar

De acuerdo a su fisiografía, es un bosque de manglar de tipo ribereño, que se desarrolla a lo largo del Canal Internacional con fuerte influencia del río Jubones que viene de Ecuador y del río Zarumilla (INRENA, 2007). El manglar ribereño suele ser el más desarrollado estructuralmente y de mayor productividad primaria por encontrarse en condiciones ambientales óptimas, tales como un clima tropical, donde predominan las precipitaciones y los aportes fluviales sobre la evaporación, una salinidad estuarina (15 PSU) y disponibilidad de nutrientes provenientes de los ríos (Agraz *et al.*, 2006).

2.2.2 Islas que lo conforman

El SNLMT está conformado por las islas Matapalo (928,7 ha), Correa (499 ha), Roncal (111,7 ha), Las Almejas (369,24 ha) y La Chalaquera (20 ha). Las tres primeras se consideran sus principales islas (INRENA, 2007; Flores & Luna, 2011).

2.2.3 Fisiografía y topografía

Durante el periodo lluvioso, los ríos Jubones y Zarumilla arrastran sedimentos originando bancos de arena que algunas veces son colonizados o son afectados por la erosión costera (playa El Bendito-Punta Capones). Estas tierras tienden a inundarse porque están cruzadas por los esteros sujetos al régimen de mareas. Los bancos de arena son zona de descanso y alimentación de muchas especies de aves (INRENA, 2007).

El área del SNLMT es uniforme y casi plana, presentándose una ligera pendiente muy suave (1-5 %) entre el mar y la carretera Panamericana, al sur del SNLMT, cubierta por vegetación arbustiva del tipo matorral. En las partes más altas se aprecian suaves ondulaciones. Posee una elevación de 0-10 msnm (INRENA, 2007).

2.2.4 Geología

El SNLMT está ubicado sobre depósitos continentales del cuaternario reciente (pleistoceno y holoceno), conformados por materiales de origen marino como: arena, arcilla y cascajo

que ocupan la zona de interfase marino-aluvial (influenciada por los ríos Zarumilla-Perú y Guayas-Ecuador) (INRENA, 2007).

2.2.5 Edafología

Los suelos de manglar se caracterizan por un alto contenido de agua, de sal y sulfuro de hidrógeno, un bajo contenido de oxígeno y una elevada proporción de materia orgánica (Lewis 2005 en Olguín *et al.*, 2007).

Los suelos en este ecosistema se caracterizan por ser profundos, con arena en el fondo debido a las partículas de arcilla acarreadas por el río Zarumilla teniendo una textura más fina en las capas superficiales. En general, los suelos tienen un drenaje, con una coloración oscura y son permeables. Además son muy salinos, de reacción fuerte a extremadamente ácida, excepcionalmente de reacción alcalina (INRENA, 2007).

La “pirita” (FeS_2) le confiere un carácter ácido a los suelos inundados del manglar, acidez que es parcialmente neutralizada por la presencia de CaCO_3 , presente en los sedimentos arrastrados y depositados por los ríos. Sin embargo, basta una alteración del nivel freático del suelo para que la “pirita” expuesta entonces a la acción de la atmósfera, sufra un violento proceso de oxidación, produciendo ácido sulfúrico y acidificándose progresivamente el suelo, lo que muchas veces llega a niveles de pH extremos de 1,5; destructores de toda la capa vegetal (Mostacero *et al.*, 1996).

2.2.6 Clima

Según INRENA (2007) los manglares de Tumbes se desarrollan en un clima semiárido, con influencia del sistema oceánico, con temperatura media de 22 y 27 °C, con precipitaciones menores a 100 mm al año y una humedad relativa de 72-86 %.

2.2.7 Hidrología

El ecosistema manglar es un sistema abierto fluvial y marino, que depende de flujos de agua para el transporte de nutrientes y para la redistribución de la materia orgánica y sedimentos, así como para regular la salinidad (INRENA, 2007).

La red hídrica del SNLMT está constituida en territorio peruano por el río Zarumilla y las quebradas Piedritas, Tronco Seco y El Padre (con flujo estacional de enero a marzo) y en el territorio ecuatoriano por los ríos Jubones, Arenillas (con flujo permanente). Los aportes hídricos del territorio ecuatoriano se canalizan a través del estero grande hacia el canal internacional. El SNLMT recibe agua de mar de ambos países a través de los estuarios y esteros (INRENA, 2007).

El hidroperiodo se presenta con mareas altas y bajas cada seis horas. En marea alta, el agua ingresa por los esteros y se distribuye en los manglares de acuerdo a las gradientes topográficas, permitiendo el acarreo de nutrientes y la migración de especies hidrobiológicas y a su vez en marea baja, redistribuyen los sedimentos, el exceso de sales y la hojarasca hacia el mar abierto (INRENA, 2007).

Las variaciones en la escorrentía dependen de las condiciones climáticas. El período de lluvia se presenta entre enero y marzo, los demás meses del año corresponden al período seco. Se aprecia cambios significativos en el evento El Niño, ocurriendo precipitaciones abundantes, como los registrados en 1997 y 1998, alcanzando 2700 mm (INRENA, 2007).

Muchas de las quebradas que desaguan en los esteros han sido bloqueadas por la construcción de estanques para la cría de langostinos alterando el hidroperiodo (acción del flujo y reflujo de mareas, agua dulce, sedimentos y nutrientes) en los esteros. El libre reflujo de agua no sólo se ve afectado por la instalación de estaciones de bombeo, la remoción de material y su acumulación a manera de dique puede alterar igualmente el hidroperiodo causando cierta mortalidad en la vegetación (INRENA, 2007).

2.2.8 Zonificación del SNLMT

Según INRENA (2007) el SNLMT se divide en seis zonas según las estrategias de monitoreo, las cuales son:

Zona Silvestre: Tiene una extensión total de 1 422,5 ha y una extensión de manglar de 875,5 ha, su objetivo es amortiguar los posibles impactos de las demás zonas sobre la Zona de Protección Estricta. Esta zona comprende las islas Matapalo, La Chalaquera, Correa, Roncal, parte del estero Matapalos y el Canal Internacional, sector comprendido entre gallegos y la langostinera LAM Zarumilla.

Zona de Recuperación: Cuenta con una extensión total de 801,5 ha y una extensión de manglar de 298,47 ha, su objetivo es promover la recuperación de la estructura y función de los ecosistemas del bosque de manglar y del bosque seco; y recuperar las poblaciones de recursos hidrobiológicos. Esta zona comprende Sector 1: Langostineras inactivas LAN Zarumilla, El Palmal y la Marina de Guerra. Sector 2: franja interna circundante de 100 m. de ancho a las islas Correa y Matapalo y una franja interna de 100 m en la isla Roncal colindante al estero Matapalos. Sector 3: desde Punta Capones, hasta la isla La Chalaquera.

De Protección Estricta: Abarca 585 ha y 444,15 ha son manglar. Su objetivo es asegurar el mantenimiento de los bosques de manglar y del bosque seco no intervenido. Esta zona comprende las islas Las Almejas, estero Lagarto, estero La Soledad.

De Uso Turístico y Recreativo: Su extensión total es de 137,5 ha y una extensión de manglar de 0,21 ha. El objetivo de esta zona es poner a disposición una muestra representativa del área para el disfrute del público, así como para la interpretación y educación ambiental. Comprende el Estero Zarumilla a la altura del estero Camarones, siguiendo por el Estero Matapalo hasta el estero La Envidia a la altura del Palmal.

Zona de Uso Especial: Tiene 34,5 ha de extensión total y 1,8 ha de manglar. Su objetivo es Asegurar las mínimas condiciones de operatividad de los puestos de control y de la base de la Marina de Guerra del Perú. Esta zona comprende Sector 1: en la isla Matamonos. Sector 2: en el Destacamento de Infantería de Marina El Salto. Sector 3: en el Puesto de Control- Puesto de Vigilancia Fronterizo-PNP- Matapalos, y Sector 4: en la pista que ingresa a la Base Naval El Salto.

Zona de Amortiguamiento: Cuenta con una extensión total de 6181 ha y una extensión de manglar de 962 ha. Su objetivo es proteger de las presiones directas al ecosistema manglar. Es de singular importancia el flujo biótico que se da entre el bosque seco de esta zona y el ecosistema manglar del Santuario, sobre todo, de las aves, insectos, algunos reptiles y mamíferos, por ser los que van a dispersar las semillas de la flora existente entre éstas dos áreas. Se encuentran diversas comunidades naturales: playas, esteros, gramadales, manglares, bosque seco, matorrales xerofíticos y espinosos; y otras áreas modificadas para el desarrollo del cultivo, y para uso urbano.

2.2.9 Estratos de vegetación

Se mencionan nueve estratos de vegetación los cuales tienen distinta extensión de acuerdo a cada zona del SNLMT, cabe resaltar que dicha zonificación se hizo en el año 2006 y consideró la extensión de 2981 ha del SNLMT, según el Sistema de Información Geográfica (INRENA, 2007).

En el Cuadro 1 se presenta la extensión de cada estrato de vegetación en cada una de las zonas del SNLMT.

Cuadro 1. Estratos de vegetación en las zonas del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes

Estrato de vegetación	Extensión (ha) en las Zonas del Santuario						
	ZPE	ZS	ZUE	ZR	ZUTR	Total	%
Áreas salinas inundables-grama salada	7,48	167,52	9,44	36,94	0,09	221,47	7,43
Laguna	21,96			0,84		22,80	0,76
Langostineras inactivas	2,36	0,58		59,67		62,61	2,10
Manglar	444,15	875,5	1,8	298,47	0,21	1 620,13	54,35
Matorral arbolado	71,87	69,53	13,56	27,2	0,14	182,30	6,12
Esteros y canales	37,18	281,57		374,18	137,06	829,99	27,84
Vegetación halófito		27,81		0,82		28,63	0,96
Playas y bancos de arena			9,7			9,70	0,33
Langostineras activas				3,38		3,38	0,11
Total	585	1 422,51	34,5	801,5	137,5	2 981,01	100

Leyenda: ZPE: Zona de protección estricta. ZSE: Zona silvestre. ZUE: Zona de uso especial. ZR: Zona de recuperación. ZUTR: Zona de uso turístico y recreativo.

Fuente: Adaptado de INRENA, 2007

2.2.10 Tipos de vegetación del manglar

El ecosistema manglar, manifiesta una flora típica especial, con algunos biotipos que se encuentran en sistemas naturales contiguos, por influencia que ejercen estas; entre ellas las comunidades halófitas y la de los bosques secos, que se encuentran rodeando ciertas partes del manglar, tanto en la parte continental como en el interior de las islas (INRENA, 2007).

Según INRENA (2007) en el SNLMT se encuentran 22 familias con 36 géneros con 41 especies florísticas. Los tipos de vegetación del ecosistema manglar (Fig. 2) son cinco y se describen a continuación.

Biotopo del manglar: Predominan *Rhizophora mangle* y *Rhizophora harrisonii* en menor proporción. Estas especies ocupan toda una faja cenagosa, que por un lado mantiene una interrelación con el continente (gramadal y bosque seco) y por el otro con los canales de marea.

Ecotono manglar-gramadal: Mayormente de suelos arenosos y húmedos, generalmente está vegetada por *Laguncularia racemosa* “mangle blanco” y *Avicennia germinans* “mangle salado”, *Batis maritima* “vidrio”, *Sesuvium portulacastrum* “verdolaga salada” y *Salicornia fruticosa*, entre otras.

Pampas hipersalinas: Áreas casi desnudas, pueden ser inundables o tapizadas con *Distichlis spicata* “grama salada”, estas últimas sobre niveles que sobrepasan los de la marea, frecuentemente se asocian a este gramadal, *Sesuvium portulacastrum* y *Salicornia fruticosa*.

Ecotono gramadal-bosque seco: Sobre un suelo arenoso con cierto grado de humedad. Encontramos especies como *Acacia macracantha*, *Caesalpinia paipai*, *Prosopis pallida*, *Maytenus octogona*, *Sesuvium portulacastrum*, *Salicornia fruticosa*, *Parkinsonia aculeata*, *Batis maritima*, *Cyperus elegans*, *Scirpus maritimus*, *Cocoloba ruiziana*, *Bursera graveolens* y en algunos lugares encontramos en poca proporción *Conocarpus erectus* “mangle piña”.

Bosque seco: Encontramos a *Acacia macracantha*, *Prosopis pallida*, *Cryptocarpus pyrriformis*, *Scutia spicata*, *Ceiba trischistandra*, *Armathocereus cartwrightianus*, *Cressa truxillensis*, *Passiflora foetida*, *Mimosa acantholoba*, *Loxopterygum huasango*, entre otras.

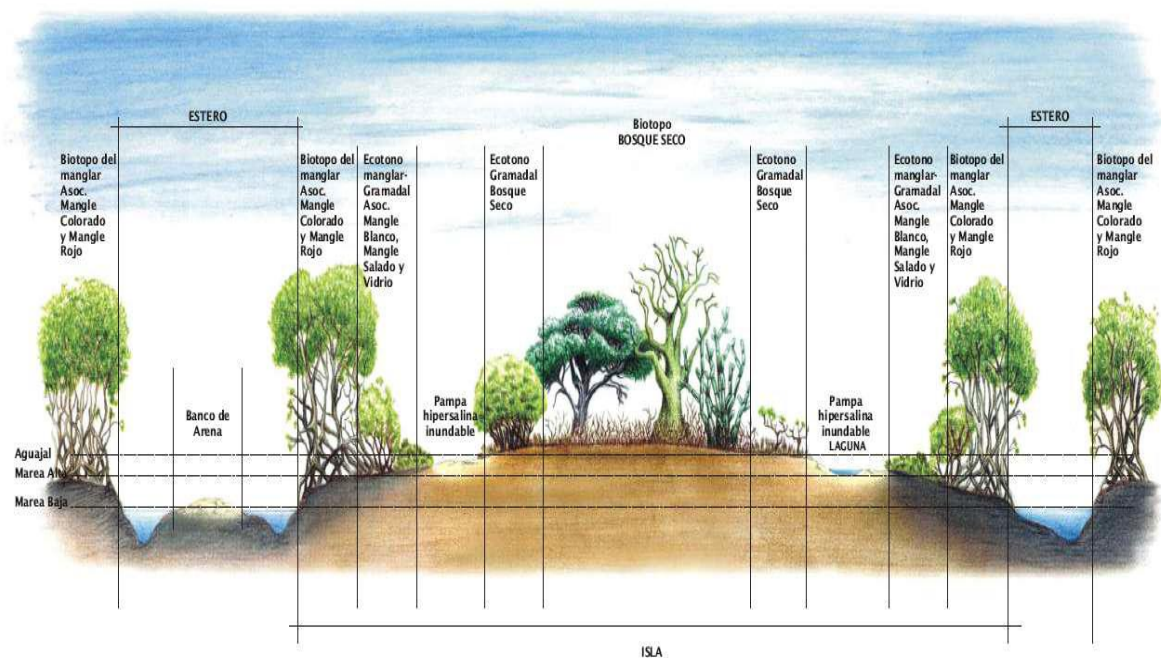


Fig. 2. Tipos de vegetación del ecosistema manglar

Fuente: INRENA, 2007

2.3 Descripción de las especies

En el SNLMT se encuentran las especies *Rhizophora mangle* “mangle rojo”, *Rhizophora harrisonii* “mangle colorado”, *Laguncularia racemosa* “mangle blanco”, *Avicennia germinans* “mangle negro” y *Conocarpus erectus* “mangle piña” (INRENA, 2007).

Para el reconocimiento de estas especies en campo, previamente se consultó la información de Agraz *et al.* (2006), Marmillod *et al.* (2001) y López *et al.* (2013), se colectaron sus ramas floríferas utilizando tijeras de podar y se transportaron en una prensa botánica al Laboratorio de Botánica de la Universidad Nacional de Piura, donde fueron determinadas por el asesor de estudio.

Puesto que las especies *Rhizophora mangle* y *Rhizophora harrisonii* se diferencian por el número de flores en las inflorescencias, cuando los individuos de estas especies no las presentaron, se diferenciaron teniendo en cuenta lo expuesto en Marmillod *et al.* (2001):

Se trata de un individuo de *Rhizophora mangle* si presenta su tronco principal inclinado antes de alcanzar dos metros de altura y con crecimiento paralelo al suelo; de este tronco, sostenido por raíces fúlcreas en todo su largo, emergen numerosos ejes de crecimiento

ortótropo, pero de poco desarrollo, este hábito de crecimiento es denominado hábito de crecimiento “chemis”.

En cambio, se trata de un individuo de *Rhizophora harrisonii* si su tronco presenta un crecimiento ortótropo bien definido. Puede adoptar un hábito de crecimiento que puede confundirse con el hábito de crecimiento “chemis”, con el tronco inclinado y raíces complementarias de apoyo, pero conserva la dominancia del ápice terminal.

Se presenta una descripción detallada de estas especies en la sección de anexos.

2.4 Elección de las parcelas de muestreo

En los meses de setiembre-octubre del 2013 y enero-febrero del 2014 se establecieron mediante un muestreo preferencial, 53 parcelas de muestreo de 20x10 m (ARAP, 2010) distribuidas en las islas Matapalo, Correa, Roncal, Las Almejas y La Chalaquera (Fig. 3).

La elección de las parcelas fue en base al análisis visual del mapa de zonificación del 2006 y del mapa de cobertura y uso de tierra del 2001 del SNLMT, ambos escala 1:55000, disponibles en INRENA, 2007. En base a ello se trabajó sobre una fotografía aérea de este santuario, disponible en Google Earth 2013. El criterio de distribución de puntos en la imagen fue que éstos coincidieran con zonas de bosque de mangle, manteniendo distancias similares entre las parcelas en cada isla.

Para la ubicación de las parcelas en campo se tuvieron en cuenta las posibilidades de acceso, las características fisonómicas del mangle y en lo posible tener un mínimo de 30 individuos al interior de cada parcela, ya que según Schaeffer & Cintrón (1986 en Ulloa *et al.*, 1998) es el número representativo para el análisis de ecosistemas de manglar.

Se creyó pertinente evaluar hasta 53 parcelas (1,06 ha) ya que la fisonomía del mangle de la orilla al centro de las islas es parecida, excepto en la isla La Chalaquera, donde sólo se encuentra *Rhizophora harrisonii* “mangle colorado” y porque la distribución de las parcelas cubrió casi la totalidad en cada isla.

En la isla Matapalo se evaluaron 23 parcelas, 11 en la Correa, 10 en Las Almejas, 7 en la Roncal y 2 en La Chalaquera.

Cada parcela se delimitó en marea baja, acordonándola con una soguilla de nylon y se registró sus coordenadas geográficas centrales en UTM (Universal Transversal Mercator) y Datum 84S utilizando un GPS Garmin e-trex vista H con antena integrada tipo parche y precisión de navegación de 3 m. Se evitó elegir parcelas en la orilla de los esteros puesto que aquí a los individuos de *Rhizophora* no se les puede diferenciar troncos, ya que las ramas aparecen desde el punto en que terminan las raíces.

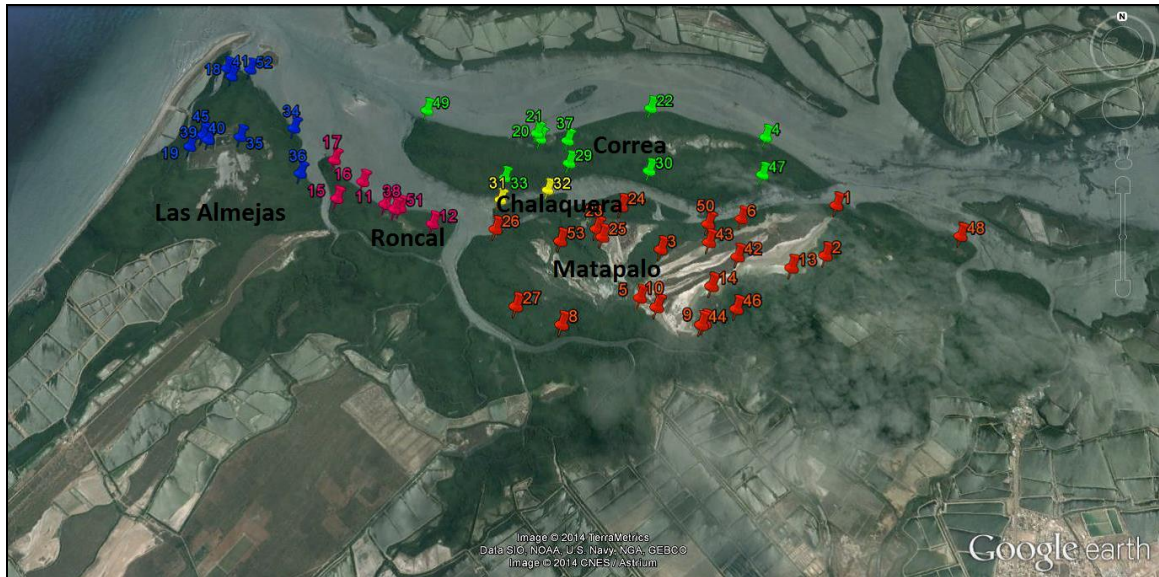


Fig. 3. Distribución de las parcelas en las islas del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes

2.5 Elección de los individuos

Se enumeraron con pintura acrílica todos los individuos sin daños aparentes, con troncos con circunferencia a la altura del pecho “CAP” \geq 8 cm, es decir, con diámetro a la altura del pecho “DAP” \geq 2,5 cm, según Almada *et al.* (2003) con el fin de incorporar a los individuos ya establecidos del contingente de la regeneración (Sherman *et al.* 2000 en Rodríguez *et al.*, 2011) de las especies *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*.

Se consideró individuos sin daños aparentes a aquellos que no presentaron hojas o troncos dañados por plagas, ramas quebradas o cortadas, troncos secos o con considerables grietas o cavidades.

Los árboles ubicados en los límites de las parcelas se evaluaron cuando más del 50 % de su tronco o raíces aéreas, según el caso, se encontraron dentro de la parcela (Manrow &

Vílchez, 2012; Phillips *et al.*, 2009). En el caso de árboles multitronco de *Rhizophora*, se evaluaron si la mayoría de sus troncos se encontraron dentro de la parcela.

2.6 Medición del diámetro de tronco

Se midió con una cinta métrica la circunferencia a la altura del pecho “CAP”, el cual se toma a 1,30 m del nivel del suelo de cada individuo al centímetro más cercano (ARAP, 2010) posteriormente se obtuvo el diámetro a la altura del pecho “DAP”, dividiendo el valor de CAP entre pi ($\pi=3,1416$). Esto en árboles normales, es decir árboles rectos y en terreno plano (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

Para el género *Rhizophora*, el CAP se midió 30 cm sobre la última raíz aérea a la que se pudo acceder trepando el árbol. En árboles multitronco de *Rhizophora*, donde cada uno sube de un soporte común o raíces aéreas, cada tronco se midió como un árbol independiente (Almada *et al.*, 2003).

En árboles bifurcados por encima del 1,30 m se realizó una sola medición del CAP y asumió como un único árbol. Cuando la bifurcación se presentó por debajo de los 1,30 m se midió el CAP de cada pie del árbol y se consideró cada uno como un individuo (Cancino, s. f; Domínguez, s. f). En arbustos ramificados desde su base, la circunferencia del tronco se tomó a la altura del suelo (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

El CAP en árboles inclinados se midió a 1,3 m de altura del lado del tallo más cercano al suelo. En terrenos con pendiente el CAP se midió cuesta abajo, en la dirección de la pendiente del árbol, es decir por el lado más alto de la pendiente (Phillips *et al.*, 2009).

2.7 Medición de la altura total

Se midió la distancia vertical desde el suelo hasta la parte más alta de la copa del individuo con un clinómetro o una vara de aluminio armable de 6 m y graduada cada 50 cm, según las condiciones de espacio dentro de las parcelas y la altura estimada mediante la observación directa. La altura se tomó al metro más cercano (Rodríguez *et al.*, 2004; ARAP, 2010).

Se trabajó con la escala de porcentajes del clinómetro, sobre un terreno plano, con una distancia a la base del individuo de 15 m (Chave, 2005), donde se utilizó la siguiente

expresión, según Bermúdez (s.f.).

$$\text{Altura del árbol} = (\%A + \%B) * \text{Distancia} / 100$$

Donde:

%A: Medida en porcentaje mirando a la copa del individuo.

%B: Medida en porcentaje mirando a la base del individuo.

Distancia: 15 m

2.8 Medición del área de copa

Para ello se midió con una cinta métrica el largo y ancho de la copa de cada individuo colocándose debajo de los extremos más salientes de la copa midiendo la distancia entre ellos, luego se calculó el área de copa mediante la siguiente expresión, según Carrillo *et al.* (2008).

$$AC = \pi (L * a) / 4$$

Donde

AC: Área de la copa en m²

π : 3,1416

L: Largo de la copa en m

a: Ancho de la copa en m

2.9 Evaluación de factores ambientales

Adicionalmente, en algunas de las parcelas se evaluaron la salinidad intersticial, temperatura ambiental y temperatura del suelo, para tener un alcance de dichos valores en el SNLMT.

2.9.1 Salinidad intersticial

Durante el periodo de marea baja, se excavó con una pala de jardinero un hoyo en el suelo de 15 a 20 cm de profundidad en el centro de algunas de las parcelas, se esperó la trasmisión del agua y con una jeringa se extrajo 20 mL de agua y vació en frascos de plástico para la posterior determinación de la salinidad (Tovilla *et al.*, 2013). No se tomaron muestras en todas las parcelas puesto que algunas horas de muestreo coincidieron con los de marea alta.

Las muestras de agua colectadas en la primera evaluación fueron enviadas al laboratorio de la Universidad Privada Cayetano Heredia y proporcionó los valores directos de salinidad, las muestras de la segunda evaluación se enviaron al Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Aguas y fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina y proporcionó los valores de conductividad eléctrica (en dS/m), con los cuales se calculó la salinidad mediante la fórmula de Salinity Calculator (Tomczak, 2000), trabajando con 25 °C como valor de la temperatura.

2.9.2 Temperatura ambiental

Se registró la temperatura ambiental a 1,5 m del suelo con un termómetro de mercurio de 1 °C de sensibilidad y rango de -35 y 50 °C (Forsythe, 2002).

2.9.3 Temperatura del suelo

Para ello se introdujo en el suelo, aproximadamente 12 cm, un termómetro de mercurio de 1 °C de sensibilidad y rango de -35 y 50 °C (Forsythe, 2002).

2.10 Proceso de datos

2.10.1 Caracterización de la estructura horizontal

Para caracterizar la estructura horizontal se clasificó a los individuos en tres clases según el diámetro de acuerdo con lo sugerido por Cintrón y Schaeffer (1992 en Orjuela *et al.*, 2007) para bosques de manglar.

Cuadro 2. Clases de individuos según clases estándar de DAP

Definición	Descripción	Simbología
Brinzales	Individuos con DAP mayor e igual a 2,5 cm hasta con 4,9 cm	$2,5 \leq \text{DAP} < 5 \text{ cm}$
Latizales	Individuos con DAP mayor e igual a 5 cm hasta con 9,9 cm	$5 \leq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$
Fustales	Individuos con DAP mayor e igual a 10 cm	$\text{DAP} \geq 10 \text{ cm}$

Se determinó la tendencia de la distribución diamétrica de cada especie, para lo cual sus individuos se organizaron arbitrariamente en categorías con 5 cm de amplitud y se tomó a 2,5 cm como el valor mínimo de diámetro y mantuvo el primer intervalo de la clasificación estándar descrita líneas arriba. Luego para observar la tendencia se insertó el gráfico de

columnas agrupadas en el Excel 2013, trabajando con los intervalos y la frecuencia absoluta.

Cuadro 3. Intervalos para determinar la tendencia de distribución diamétrica

Intervalos de Diámetro (cm)
2,5-5
5-10
10-15
10-20
20-25
25-30
30-35

2.10.2 Caracterización de la estructura vertical

Para caracterizar la estructura vertical se clasificó a los individuos en tres estratos (cuadro 4), según la metodología de La Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO), en la cual se definen tres estratos a partir de la altura superior de cada sitio (Dirección de Fomento Forestal de Nicaragua, 2006; Manrow y Vélchez, 2012). En este estudio se trabajó con la altura máxima encontrada para las cinco especies que fue de 24 m. Dichos estratos fueron:

Cuadro 4. Clases de individuos según clases de altura de la IUFRO

Estrato	Descripción	Simbología
Superior	Alturas mayores a $\frac{2}{3}$ de la altura máxima	$\frac{2}{3}(24) \leq h$ m
Medio	Alturas mayores a $\frac{1}{3}$ y menores a $\frac{2}{3}$ de la altura máxima	$\frac{1}{3}(24) \leq h < \frac{2}{3}(24)$ m
Inferior	Alturas menores a $\frac{1}{3}$ de la altura máxima	$h < \frac{1}{3}(24)$ m

Para obtener el número de individuos en cada clase sus valores se trabajaron con la Función de Frecuencia en Excel 2013.

Se determinó la tendencia de la distribución de alturas de cada especie, para lo cual sus individuos fueron organizados arbitrariamente en categorías de altura de 5 m de amplitud y se tomó a 2 m como el valor mínimo de altura (cuadro 5). Luego para observar la tendencia

se insertó el gráfico de columnas agrupadas en el Excel trabajando con los intervalos y la frecuencia absoluta.

Cuadro 5. Intervalos para determinar la tendencia de distribución de alturas

Intervalos de altura (m)
2-7
7-12
12-17
17-22
22-27

2.10.3 Evaluación de Factores ambientales

2.10.3.1 Salinidad intersticial

Se compararon los valores de salinidad obtenidos con los requeridos por las especies evaluadas (cuadro 6) y tuvo en cuenta los valores promedio de altura y DAP.

Cuadro 6. Requerimientos de salinidad de las especies evaluadas

Especies	Nombre común	Sal. Opt (PSU)	Tol. Sal. (PSU)	Sal. Opt. General (PSU)
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	<37	65	10-20
<i>Rhizophora harrisonii</i>	Mangle colorado	<37	65	
<i>Avicennia germinans</i>	Mangle negro	<40	100	
<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco	15-20	90	
<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle piña		120	

Fuente: Agraz *et al.* (2006), Cintrón & Shaeffer (1983 en Flores *et al.*, 2007), Jiménez (s.f.), Jiménez & Lugo (s.f.), Soto & Jiménez (1982).

Leyenda: Sal. Opt: Salinidad Óptima. Tol. Sal: Tolerancia de salinidad

2.10.3.2 Temperatura ambiental

Los valores de la temperatura ambiental se organizaron en un intervalo general y compararon con la temperatura media en que las especies evaluadas se desarrollan (cuadro 7).

Cuadro 7. Temperatura ambiental media para el desarrollo de las especies de mangle

Especies de mangle	T. A. Media (°C)
<i>Rhizophora mangle</i>	21-30
<i>Rhizophora harrisonii</i>	21-30
<i>Avicennia germinans</i>	22-28
<i>Laguncularia racemosa</i>	>15.5
<i>Conocarpus erectus</i>	22-25

Leyenda. T. A. Media: Temperatura ambiental media

Fuente: OFI-CATIE (2012), CONABIO-CONANP (2009), Jiménez (s.f.), SIRE-CONABIO-CONAFOR (s. f.)

2.10.3.3 Temperatura del suelo

Los valores de la temperatura del suelo se organizaron en un intervalo general.

2.10.4 Relación DAP-H

También se realizaron regresiones lineales para tener un alcance de la relación entre el diámetro de tronco y altura de las especies, la cual según Carrillo *et al.* (2008), expresa el grado de desarrollo de éstas, con lo cual se pretendió apreciar si existe una homogeneidad de crecimiento dentro del manglar muestreado. Para ello, los valores de ambas variables estructurales se capturaron por especie y se procesaron en una tabla Excel, se insertó el gráfico de dispersión y dio el formato de línea de tendencia lineal, obteniendo el valor de “R”.

2.10.5 Estimación de la cobertura

Se estimó la cobertura de cada especie en el SNLMT, definida como la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada y que se expresa como porcentaje de la superficie total (Matteucci & Colma, 1982). Este análisis se hizo en base al área de copa de los individuos y se tuvo en cuenta a 2972 ha como extensión del SNLMT.

2.10.6 Elaboración de perfiles de vegetación

Con el propósito de esquematizar la estructura del bosque de mangle en el interior del SNLMT, se construyeron perfiles verticales y horizontales de 9 parcelas, utilizando el

software AutoCAD 2016. En algunas de estas parcelas no se representaron a todos los individuos para una mejor diferenciación de ellos dentro de cada perfil.

Se localizó cada individuo en las parcelas utilizando el sistema de coordenadas “X” y “Y” (Autoridad de los recursos acuáticos de Panamá, s.f.) donde el punto 0,0 fue tomado al azar y las distancias en metros.

Para construir los perfiles verticales se trabajó con los datos de altura total de los individuos y las distancias en el eje “X”. Para construir los perfiles horizontales se trabajó con los datos del largo y ancho de copa de los individuos y sus distancias en el eje “X” y “Y”.

Para representar a las especies evaluadas se utilizaron los símbolos estándar (Fig. 4 y 5). Para representar a *Rhizophora harrisonii* “mangle colorado” se tomó el símbolo estándar para *Rhizophora mangle* en color anaranjado.

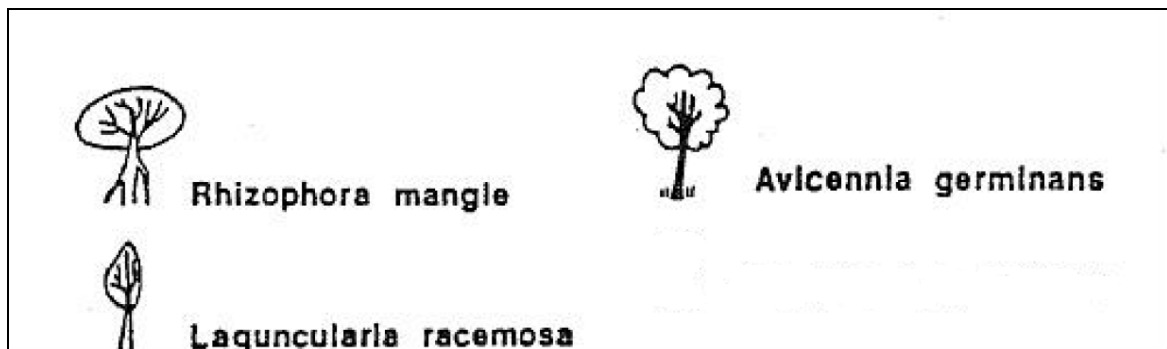


Fig. 4. Símbolos estándar para manglares
Fuente: Autoridad de Recursos Acuáticos de Panamá (2010)



Fig. 5. Símbolo para *Conocarpus erectus*
Fuente: Orjuela *et al.* (2007)

III. RESULTADOS

Se evaluó un total de 1917 individuos de las especies *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*.

3.1 Distribución diamétrica

En el Cuadro 8 se presentan los distintos valores mínimos, máximos y promedios de DAP para las especies evaluadas.

Cuadro 8. DAP mínimo, máximo y promedio para cada especie de mangle

Especies	DAP (cm)		
	Min	Max	Promedio
<i>Rhizophora mangle</i>	2,55	30,24	9,73
<i>Rhizophora harrisonii</i>	4,46	31,83	16,3
<i>Avicennia germinans</i>	2,85	27,69	8,19
<i>Laguncularia racemosa</i>	2,55	8,59	5,38
<i>Conocarpus erectus</i>	3,18	15,92	6,32

En el cuadro 9 se muestra el número y porcentaje de individuos para cada especie evaluada, según las clases diamétricas estándar.

Cuadro 9. Distribución diamétrica según clases estándar

Especies	Indiv. Totales	Brinzales ($2,5 \leq \text{DAP} < 5$ cm)		Latizales ($5 \leq \text{DAP} < 10$ cm)		Fustales ($\text{DAP} \geq 10$ cm)	
		Nº Indiv.	%	Nº Indiv.	%	Nº Indiv.	%
<i>Rhizophora mangle</i>	982	46	4,68	560	53,03	376	38,29
<i>Rhizophora harrisonii</i>	462	1	0,22	91	19,7	370	80,09
<i>Avicennia germinans</i>	394	69	17,51	244	61,93	81	20,56
<i>Laguncularia racemosa</i>	53	19	35,85	34	64,15	0	0
<i>Conocarpus erectus</i>	26	12	46,15	9	34,62	5	19,23

En el cuadro 10 se muestra el número y porcentaje de individuos para cada especie de mangle según las clases diamétricas arbitrarias en base a los cuales se elaboraron las gráficas para ver la tendencia de la distribución.

Cuadro 10. Distribución diamétrica según clases arbitrarias

Sp	Ind. Totales	Intervalos de diámetros (cm)													
		2,5-5	%	5-10	%	10-15	%	15-20	%	20-25	%	25-30	%	30-35	%
Rm	982	46	4,68	560	57,03	283	28,82	72	7,33	15	1,53	5	0,51	1	0,10
Rh	462	1	0,22	91	19,70	135	29,22	107	23,16	38	8,23	82	17,75	8	1,73
Ag	394	69	17,51	244	61,93	41	10,41	32	8,12	7	1,78	1	0,25	0	0
Lr	53	19	35,85	34	64,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ce	26	12	46,15	9	34,62	4	15,38	1	3,85	0	0	0	0	0	0

Leyenda: Rm: *Rhizophora mangle*. Rh: *Rhizophora harrisonii*. Ag: *Avicennia germinans*. Lr: *Laguncularia racemosa*. Ce: *Conocarpus erectus*.

En las siguientes gráficas se muestra la tendencia de la distribución diamétrica para cada especie de mangle.

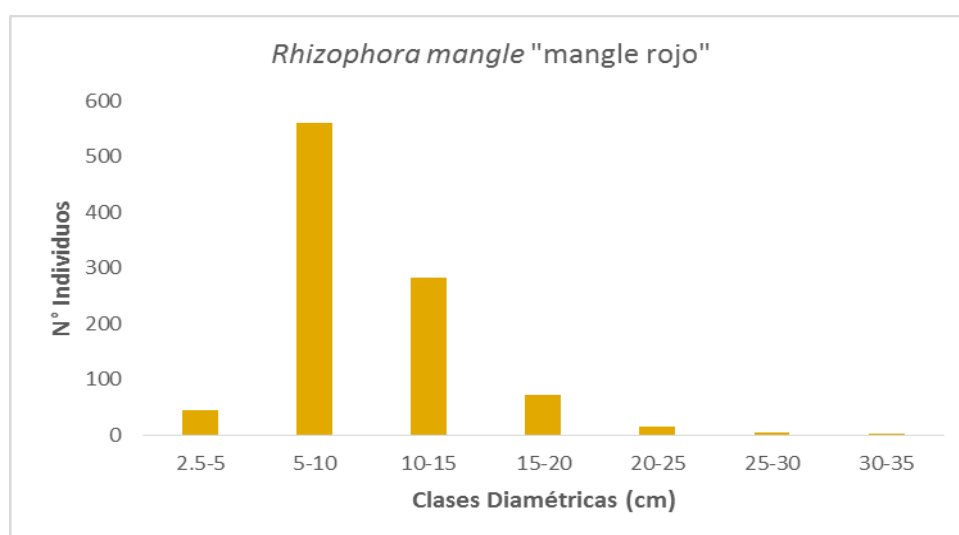


Fig. 6. Distribución diamétrica para *Rhizophora mangle*

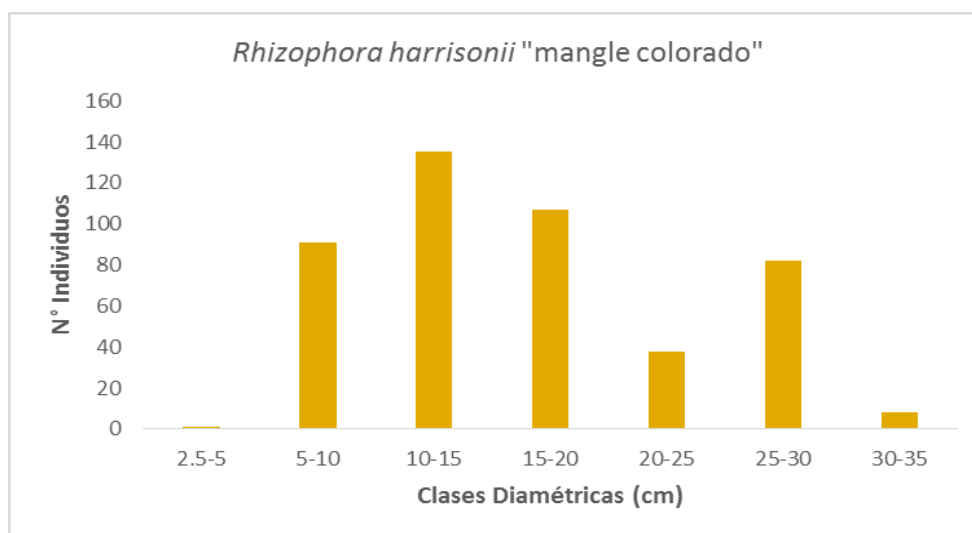


Fig. 7. Distribución diamétrica para *Rhizophora harrisonii*

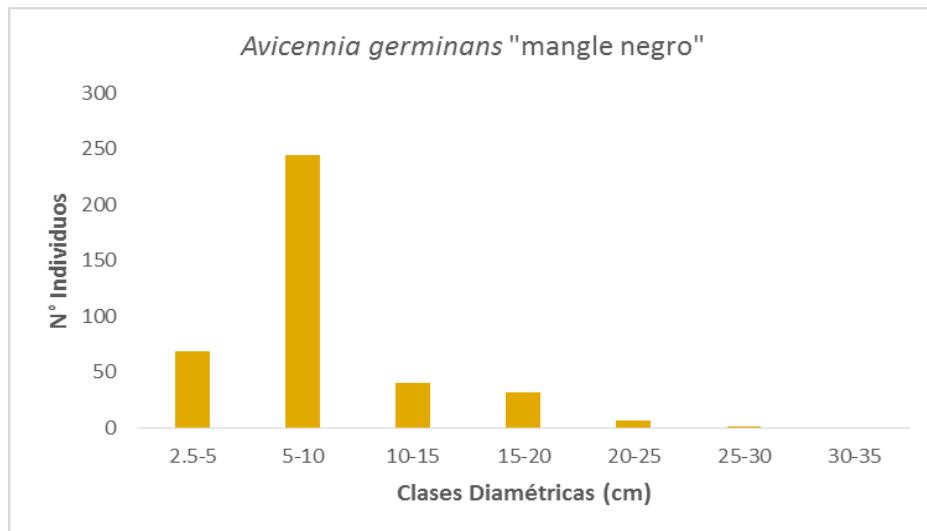


Fig. 8. Distribución diamétrica para *Avicennia germinans*

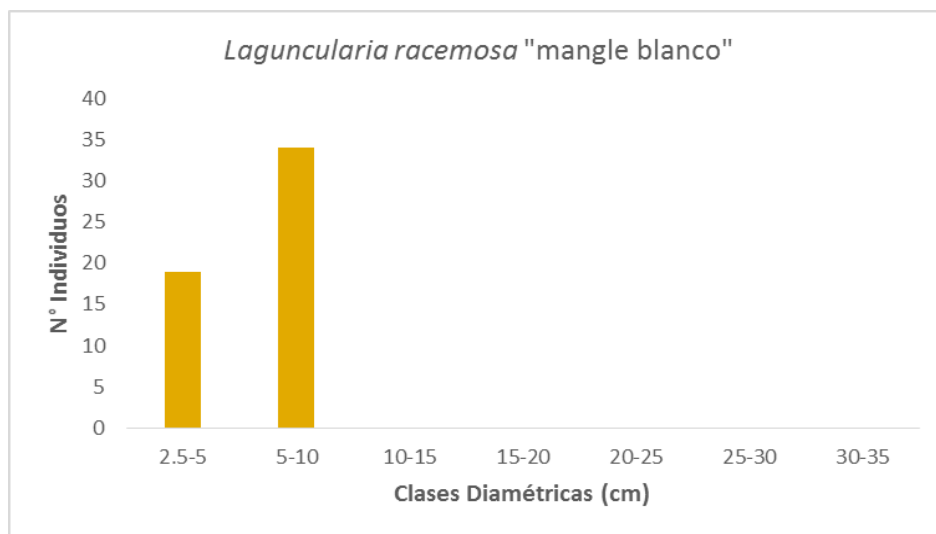


Fig. 9. Distribución diamétrica para *Laguncularia racemosa*

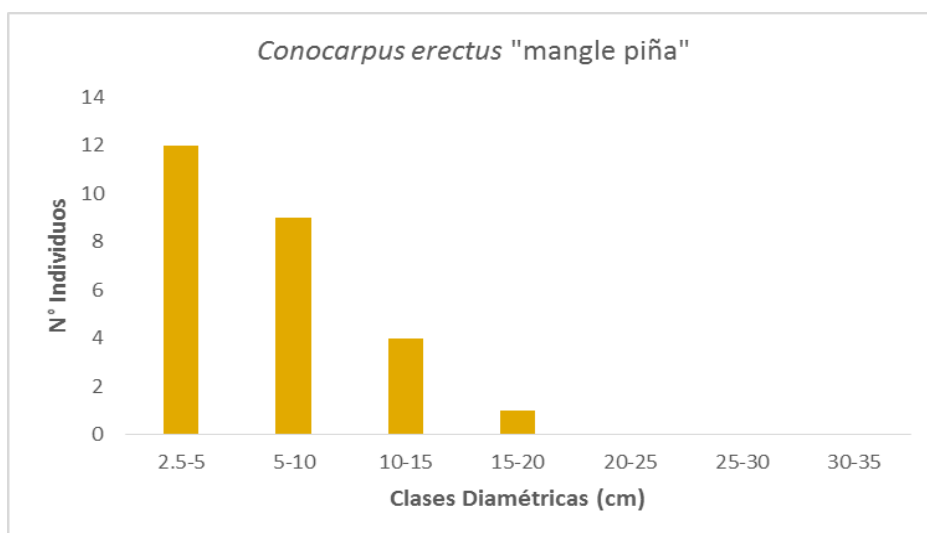


Fig. 10. Distribución diamétrica para *Conocarpus erectus*

3.2 Distribución de alturas

Los distintos valores mínimos, máximos y promedios de altura para las especies evaluadas se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 11. Altura mínima, máxima y promedio para las especies de mangle

Especies	H (m)		
	Min	Max	Promedio
<i>Rhizophora mangle</i>	2	15	8,28
<i>Rhizophora harrisonii</i>	5	24	14,91
<i>Avicennia germinans</i>	2	14	6,16
<i>Laguncularia racemosa</i>	2	7	4,02
<i>Conocarpus erectus</i>	2	5	3,81

En el Cuadro 12 se muestra el número y porcentaje de individuos para las especies de mangle según las clases de altura estándar.

Cuadro 12. Clasificación según estratos de altura estándar

Especies	Indiv. Totales	H Max (m)	Estrato Inferior (h<8 m)		Estrato Medio (8≤h<16 m)		Estrato Superior (h≥16 m)	
			N° Indiv.	%	N° Indiv.	%	N° Indiv.	%
<i>Rhizophora mangle</i>	982	24	327	33,3	655	66,7	0	0
<i>Rhizophora harrisonii</i>	462		10	2,16	282	61,04	170	36,8
<i>Avicennia germinans</i>	394		290	73,6	104	26,4	0	0
<i>Laguncularia racemosa</i>	53		53	100	0	0	0	0
<i>Conocarpus erectus</i>	26		26	100	0	0	0	0

En el Cuadro 13 se muestra el número de individuos para cada especie según las clases arbitrarias de altura, en base a los cuales se elaboraron las gráficas para ver la tendencia de la distribución.

Cuadro 13. Distribución de alturas según clases arbitrarias

Especies	Ind. Totales	Intervalos de altura (m)									
		2-7	%	7-12	%	12-17	%	17-22	%	22-27	%
<i>Rhizophora mangle</i>	982	240	24,44	668	68,02	74	7,54	0	0	0	0
<i>Rhizophora harrisonii</i>	462	10	2,16	141	30,52	152	32,90	69	14,94	90	19,48
<i>Avicennia germinans</i>	394	274	69,54	99	25,13	21	5,33	0	0	0	0
<i>Laguncularia racemosa</i>	53	50	94,34	3	5,66	0	0	0	0	0	0
<i>Conocarpus erectus</i>	26	26	100	0	0	0	0	0	0	0	0

En las siguientes gráficas se ilustra la tendencia de la distribución de alturas para cada especie de mangle.

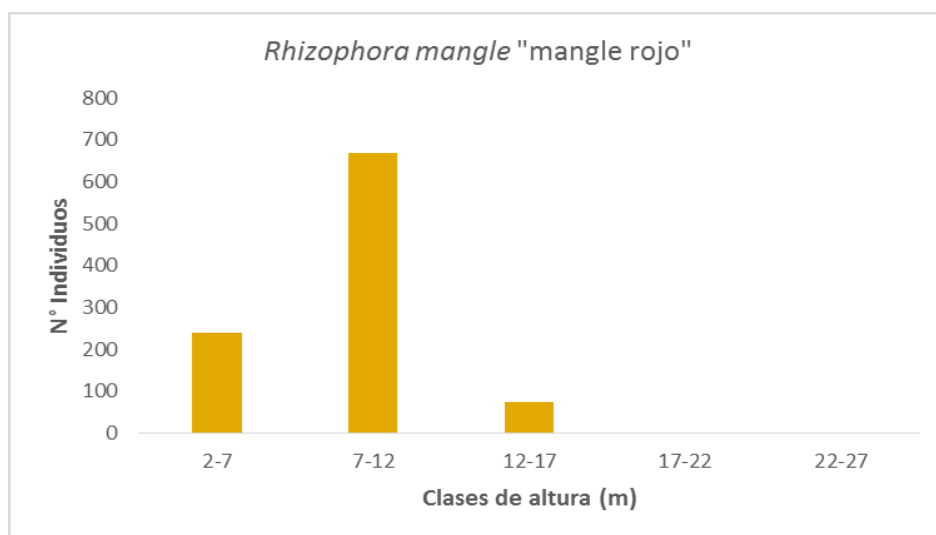


Fig. 11. Distribución de alturas para *Rhizophora mangle*

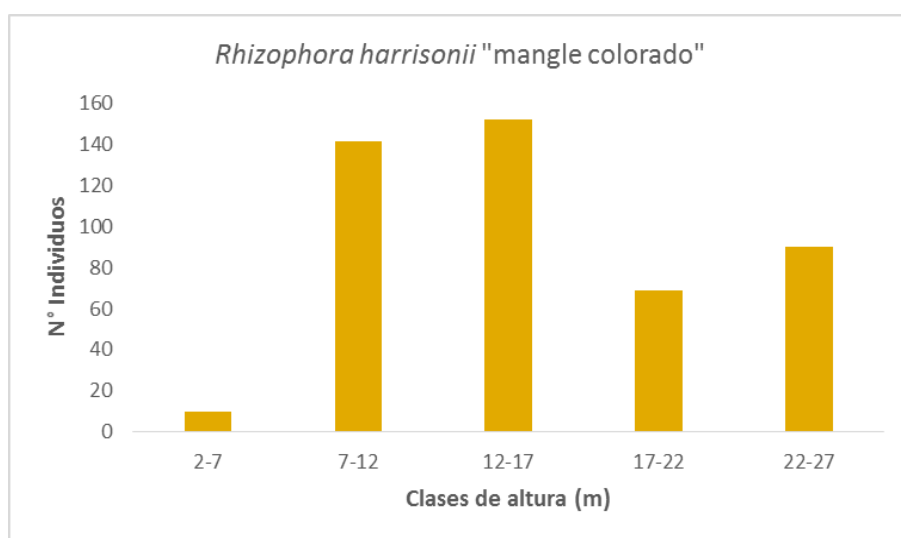


Fig. 12. Distribución de alturas para *Rhizophora harrisonii*

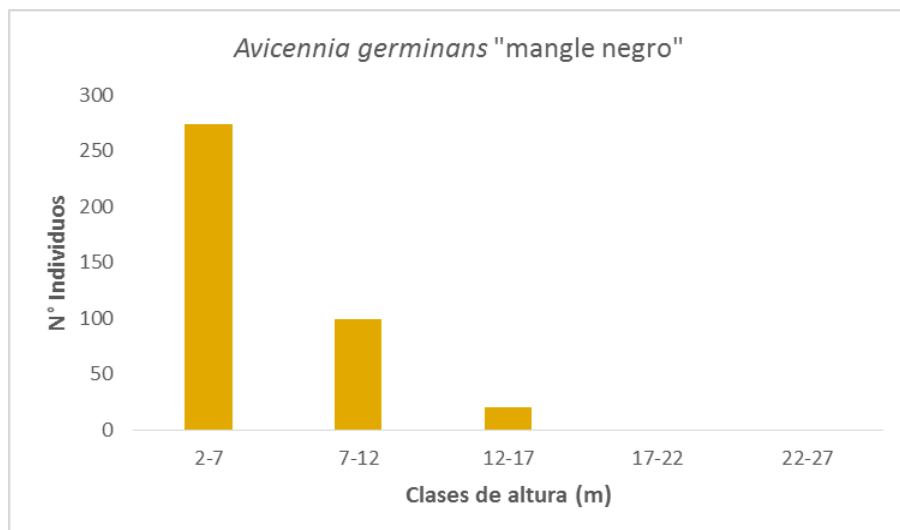


Fig. 13. Distribución de alturas para *Avicennia germinans*

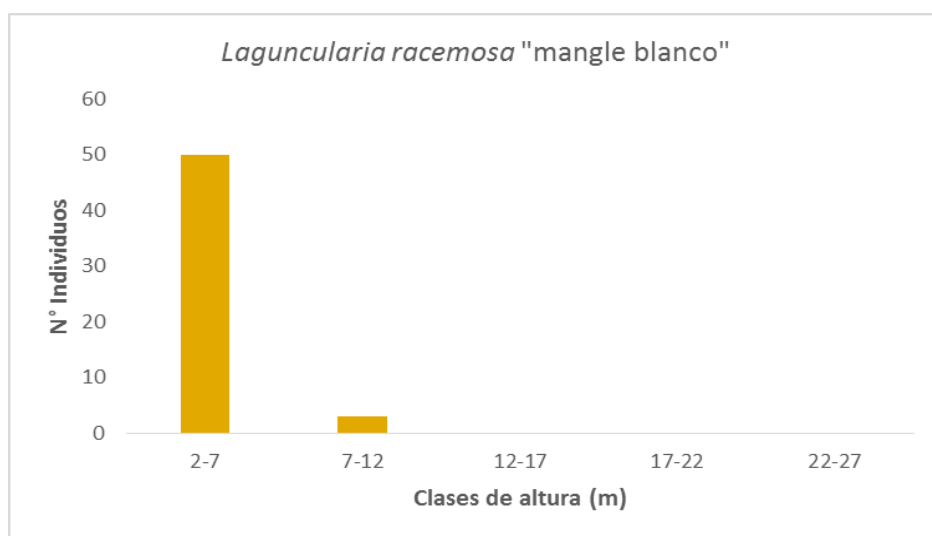


Fig. 14. Distribución de alturas para *Laguncularia racemosa*

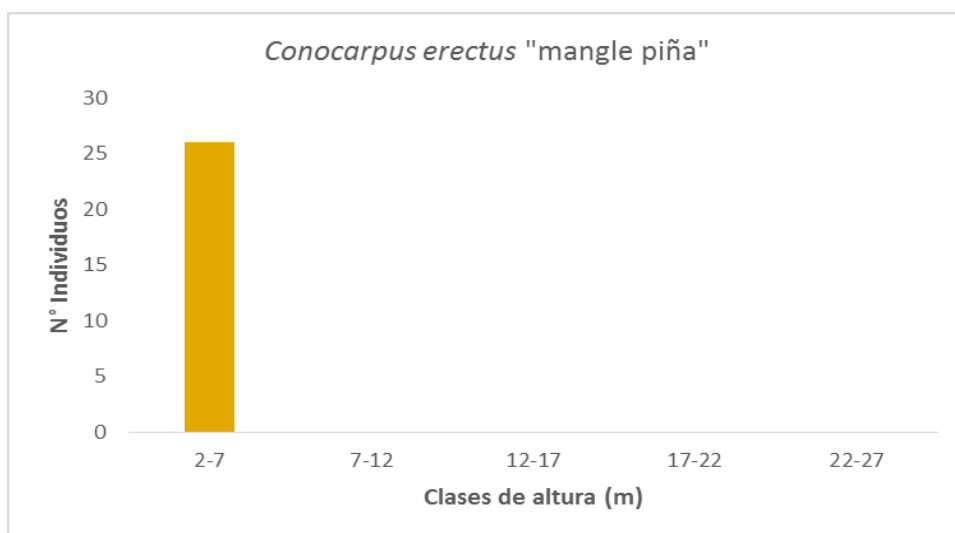


Fig. 15. Distribución de alturas para *Conocarpus erectus*

3.3 Salinidad intersticial

En el Cuadro 14 se muestran los valores de salinidad intersticial obtenidos en los dos periodos de muestreo y los valores promedio de altura y DAP de las especies encontradas.

Cuadro 14. Salinidad intersticial en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes

N° Parc.	Isla del SNLMT	Sal. A (psu)	Sal. B (psu)	Especies	H (m)	DAP (cm)
1	Matapalo	45,9		Rm Ag	5,14 4,75	8,99 6,37
2	Matapalo	38,7	27,09	Rm	8,57	13,50
3	Matapalo	44,1	32,3	Rm	9,50	16,74
5	Matapalo	46,8		Rh	11,62	17,26
6	Matapalo	37,8		Rm Ag	8,77 6	7,97 5,02
7	Matapalo	41,9		Rm Ag	10,65 6,80	11,40 5,48
9	Matapalo	54,8		Rm Ag	10,13 9,64	8,55 11,46
10	Matapalo	45,4		Rm Ag	9,93 3,33	11,39 5,04
11	Roncal	45,8	28,09	Rh Ag	10,27 11,08	11,26 16,65
12	Roncal	41,8		Rm	7,83	8,27
13	Matapalo	54,1		Ag	5,24	6,50
14	Matapalo	46,5		Rm Ag	6,38 6,33	7,48 7,67
15	Roncal	38		Rh	19,80	24,58
16	Roncal	39,1		Rm Ag	8,12 7,46	11,26 8,65
18	Almejas	33,9	25,17	Rm	14,48	12,99
19	Almejas	34,1		Rm	14,54	12,37
20	Correa	38,3		Rm	7,14	7,36
22	Correa	33,3		Rh	11,74	11,35
23	Matapalo	37,1		Rm	7,90	9,22
24	Matapalo	33,5		Rm	9,46	14,10
25	Matapalo	42,3		Rm	7,15	8,19
27	Matapalo	38,8	25,74	Rm	7,35	8,01
28	Correa	33,5	24,67	Rh	10,65	10,19
31	Chalaquera		23,48	Rh	21,79	22,89
32	Chalaquera	33	23,48	Rh	13,73	14,74
33	Correa	34,1	24,74	Rm	9,16	9,59
35	Almejas		33,92	Rm Ag	4 4,52	5,09 6,59
43	Matapalo		25,88	Ce	4,22	7,83
44	Matapalo		29,03	Ag	5,78	4,34

Leyenda: N° Parc: Número de parcela. Sal. A: Salinidad tomada en setiembre-octubre del 2013. Sal. B: Salinidad tomada en enero-febrero del 2014. H: Altura promedio. DAP: Diámetro a la altura del pecho promedio.

3.4 Temperatura ambiental y del suelo

Se presentan en el cuadro 16 la temperatura ambiental y del suelo tomada en los dos periodos de muestreo y las especies encontradas.

Cuadro 15. Temperatura ambiental y del suelo en el SNLMT.

N° Parc.	Isla del SNLMT	T. Ambiental (°C)		T. del suelo (°C)		Especies
		A	B	A	B	
1	Matapalo	32		25		Rm, Ag
2	Matapalo	25	30	27	27	Rm
3	Matapalo	25	27	24	26	Rm
5	Matapalo	25		24		Rh
6	Matapalo	27		24		Rm, Ag
7	Matapalo	25.5		23.5		Rm, Ag
8	Matapalo	23		22		Rh
9	Matapalo	25		24		Rm, Ag
10	Matapalo	26		24		Rm, Ag
11	Roncal	24	27	22	27	Rh, Ag
12	Roncal	25	26	23	25	Rm
13	Matapalo	23		27		Ag
14	Matapalo	24		23		Rm, Ag
15	Roncal	25		24		Rh
16	Roncal	23		23		Rm, Ag
17	Roncal	23	28	23	26	Rh
18	Almejas	23	29	22	27	Rm
19	Almejas	25		26		Rm
20	Correa	25		24		Rm
21	Correa	27		25		Rm, Ag
22	Correa	23		24		Rh
23	Matapalo	25		24		Rm
24	Matapalo	25		23		Rm
25	Matapalo	27		25		Rm
27	Matapalo		26		25	Rm
28	Correa	23	27	23	26	Rh
29	Correa	26		25		Rm
30	Correa	26		25		Rh
31	Chalaquera	24	29	24	28	Rh
32	Chalaquera	25	30	26	28	Rh
33	Correa	23	25	24	26	Rm
34	Almejas	24		25		Rm, Ag

Continuación del Cuadro 15

35	Almejas		29		28	Rm, Ag
36	Almejas	23		25		Rm
37	Correa		30		28	Rm
38	Roncal		28		27	Rm
41	Almejas		29		27	Ag
42	Matapalo		33		29	Ce

Leyenda: N° Parc: Número de parcela. T. Ambiental: Temperatura ambiental. T. del suelo: Temperatura del suelo. A: Periodo setiembre-octubre, 2013. B: Periodo enero-febrero, 2014.

El rango de temperatura ambiental en el SNLMT fue de 23-33 °C y el de temperatura del suelo fue de 22-29 °C.

3.5 Relación DAP-H

En las siguientes gráficas se ilustra la correlación entre los diámetros y las alturas para cada especie de mangle.

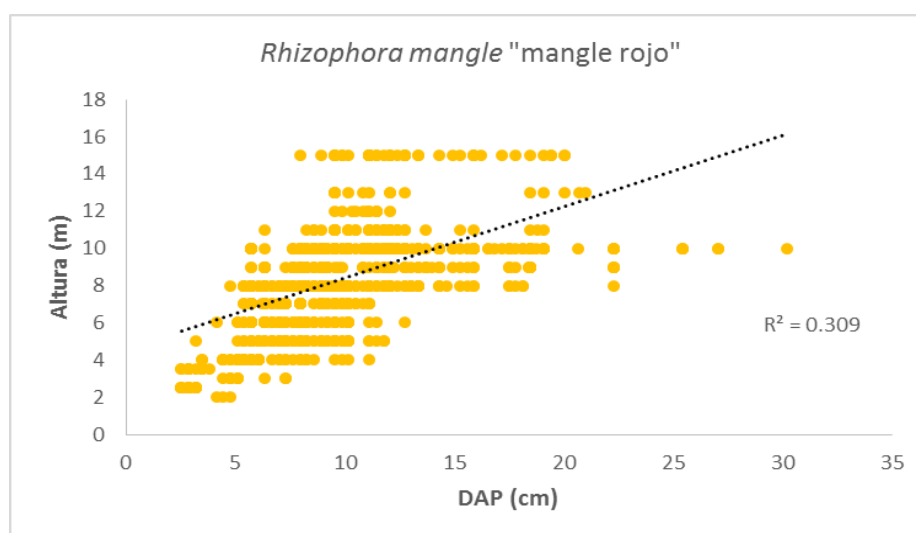


Fig. 16. Correlación entre DAP y alturas de los individuos de *Rhizophora mangle*

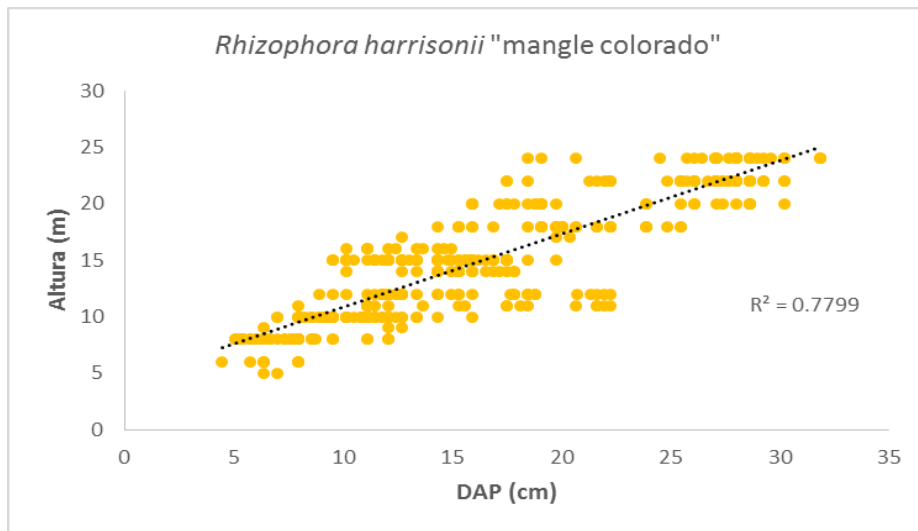


Fig. 17. Correlación entre DAP y alturas de los individuos de *Rhizophora harrisonii*

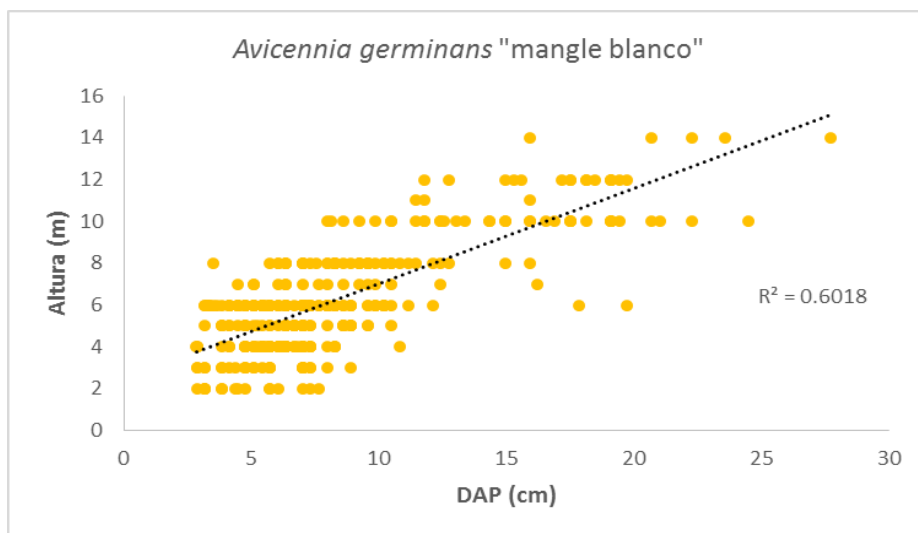


Fig. 18. Correlación entre DAP y alturas de los individuos de *Avicennia germinans*

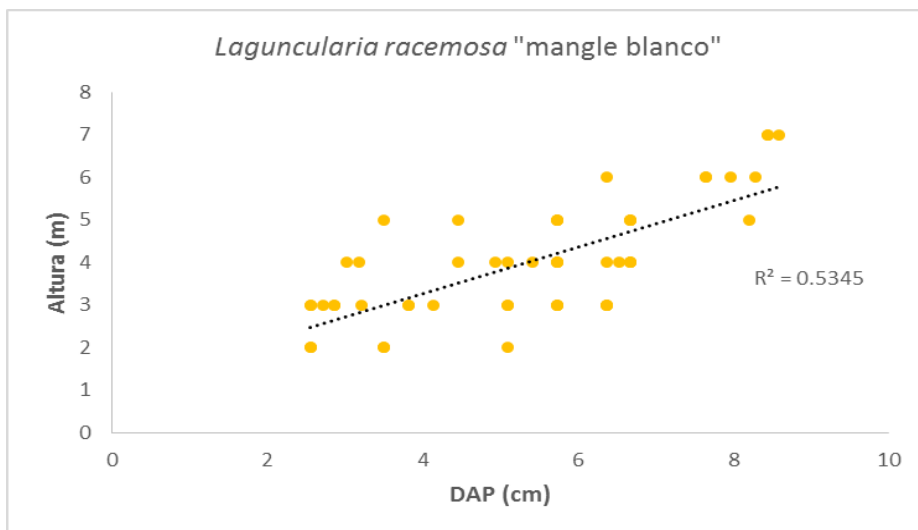


Fig. 19. Correlación entre DAP y alturas de los individuos de *Laguncularia racemosa*

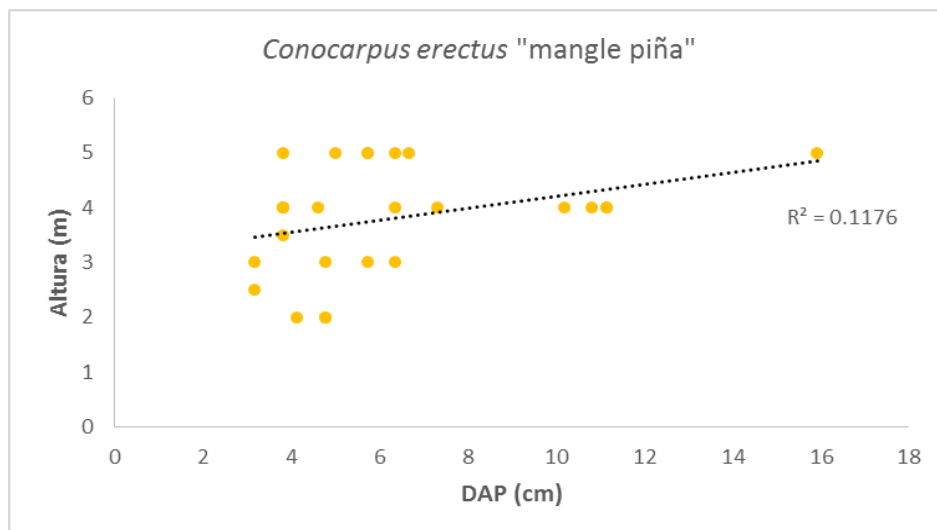


Fig. 20. Correlación entre DAP y alturas de los individuos de *Conocarpus erectus*

3.6 Cobertura de las especies

En el Cuadro 16 se presenta la cobertura y extensión de cada especie, así como el porcentaje y extensión total de mangle en dicho santuario.

Cuadro 16. Cobertura de las especies de mangle en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes

Atributo	<i>Rhizophora mangle</i>	<i>Rhizophora harrisonii</i>	<i>Avicennia germinans</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Conocarpus erectus</i>	Total
C/ha (%)	26,39	11,93	9,35	0,72	0,58	48,97
Ext. (ha)	784,42	354,55	277,96	21,50	17,25	1455,68

3.7 Perfiles de vegetación

A continuación se muestra el perfil vertical de cinco de las parcelas evaluadas y el perfil horizontal de cuatro de ellas.

Perfiles verticales

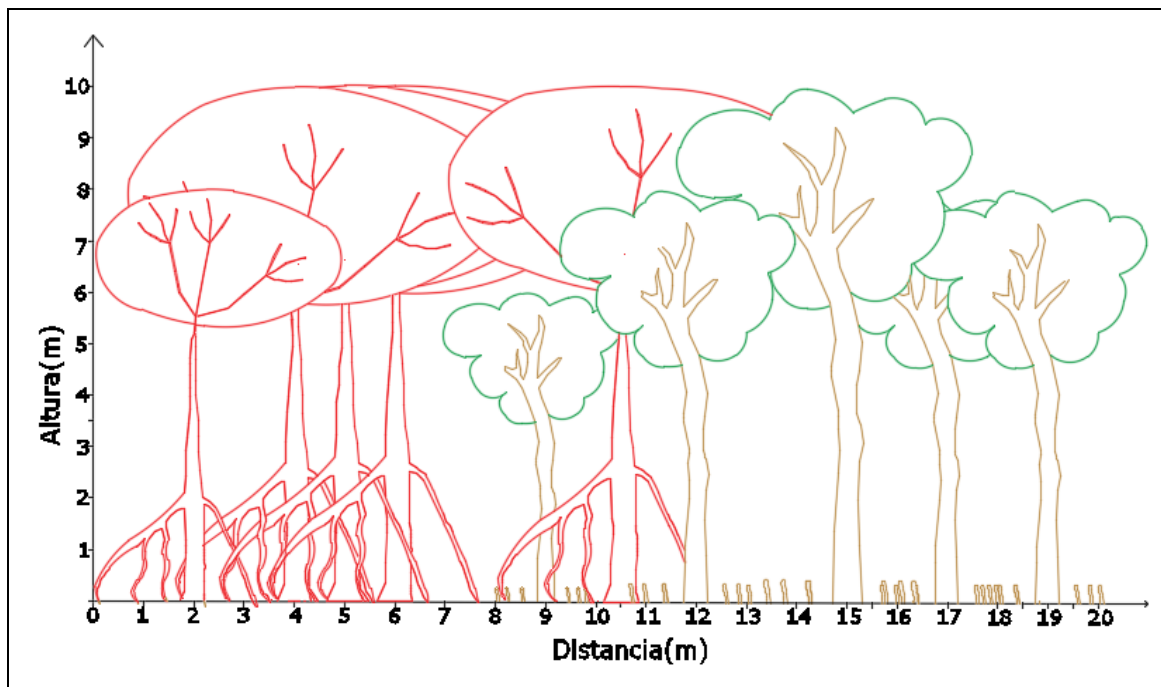


Fig. 21. Perfil vertical de la parcela 4 (isla Correa) con individuos de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*

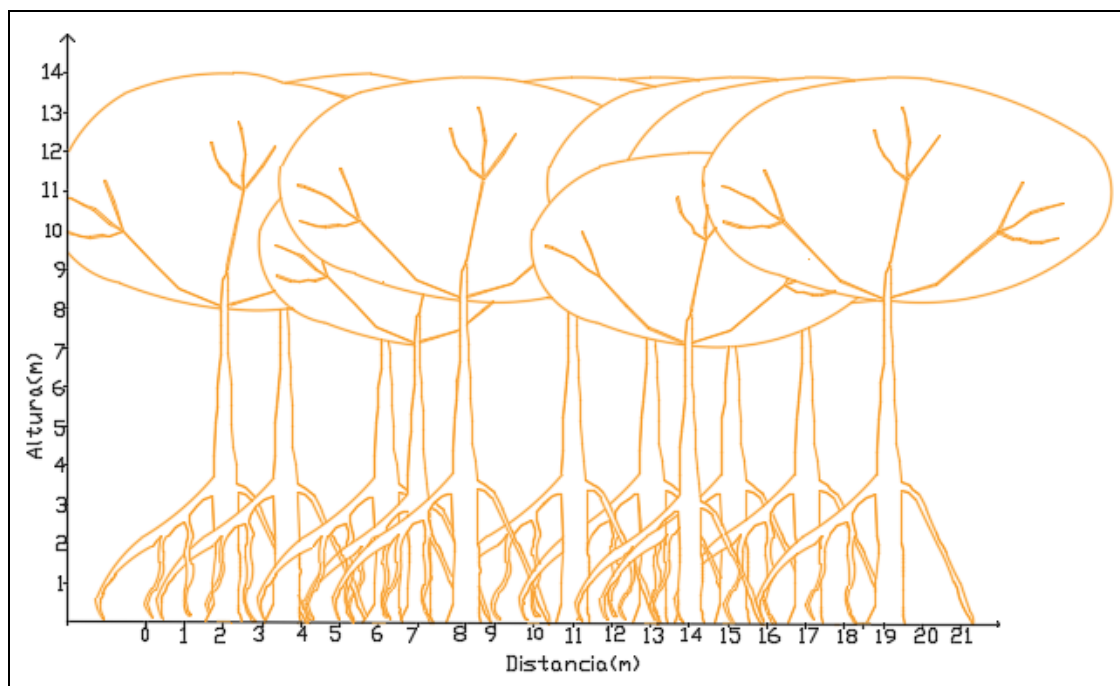


Fig. 22. Perfil vertical de la parcela 31 (isla La Chalaquera) con individuos de *Rhizophora harrisonii*

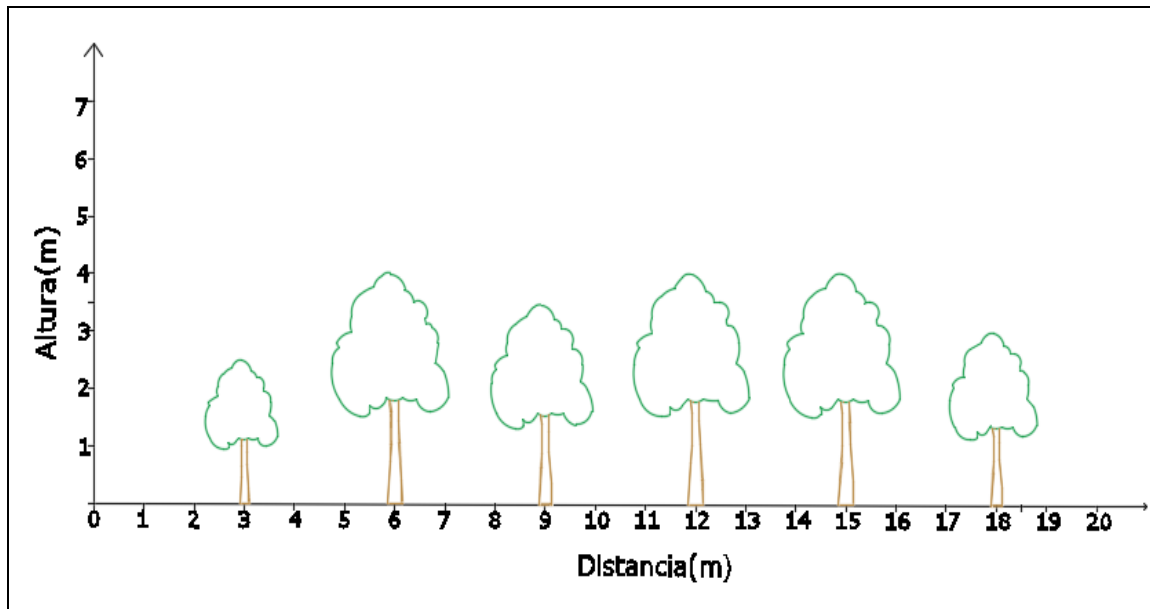


Fig. 23. Perfil vertical de la parcela 40 (isla Las Almejas) con individuos de *Conocarpus erectus*

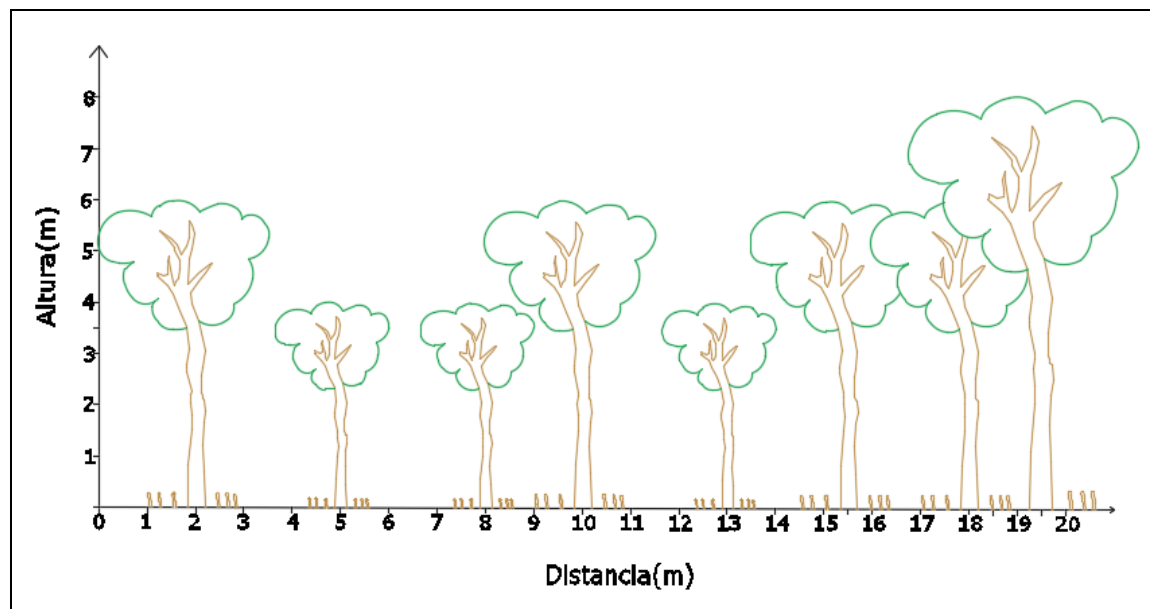


Fig. 24. Perfil vertical de la parcela 44 (isla Matapalo) con individuos de *Avicennia germinans*

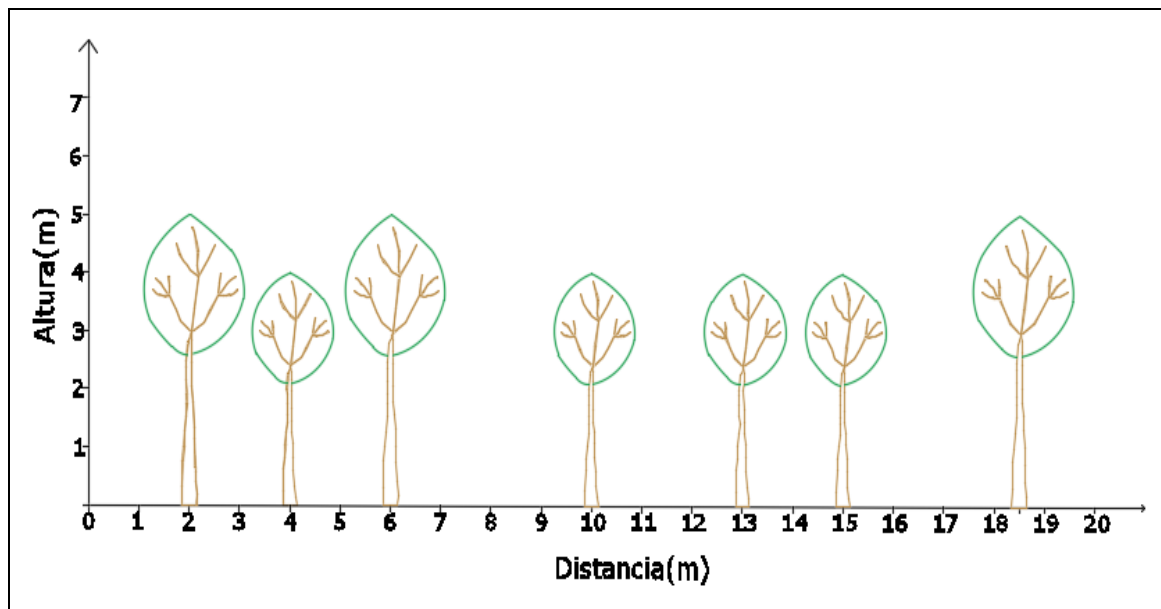


Fig. 25. Perfil vertical de la parcela 45 (isla Las Almejas) con individuos de *Laguncularia racemosa*

Perfiles horizontales

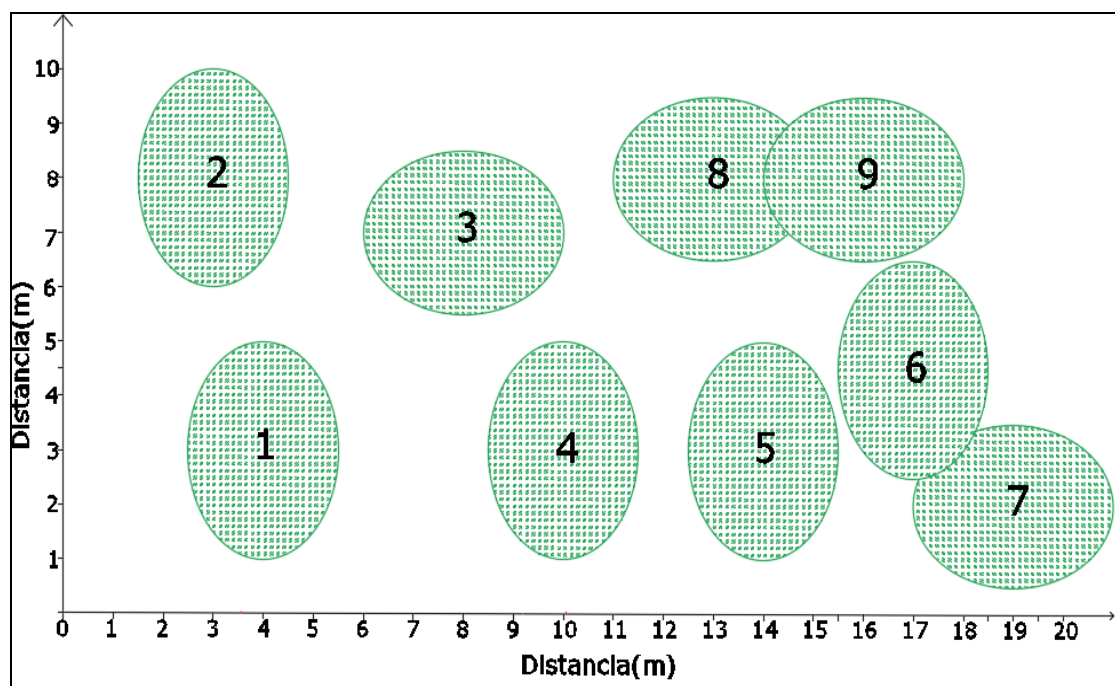


Fig. 26. Perfil horizontal de la parcela 43-isla Matapalo-individuos de *Conocarpus erectus*

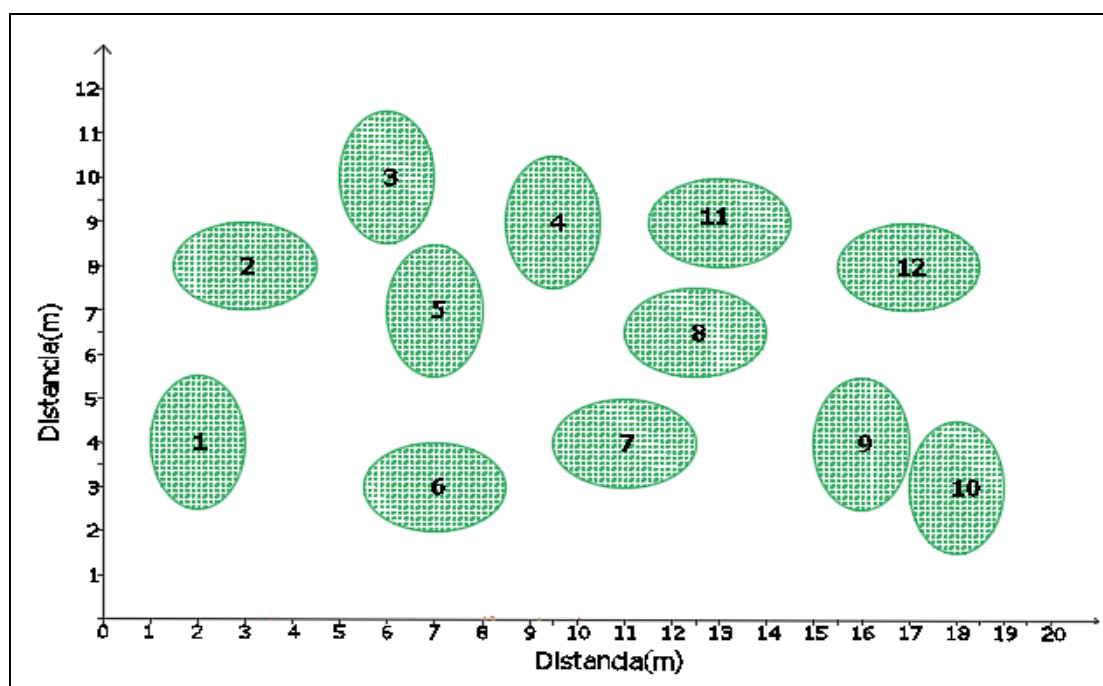


Fig. 27. Perfil horizontal de la parcela 39-isla Almejas-individuos de *Laguncularia racemosa*

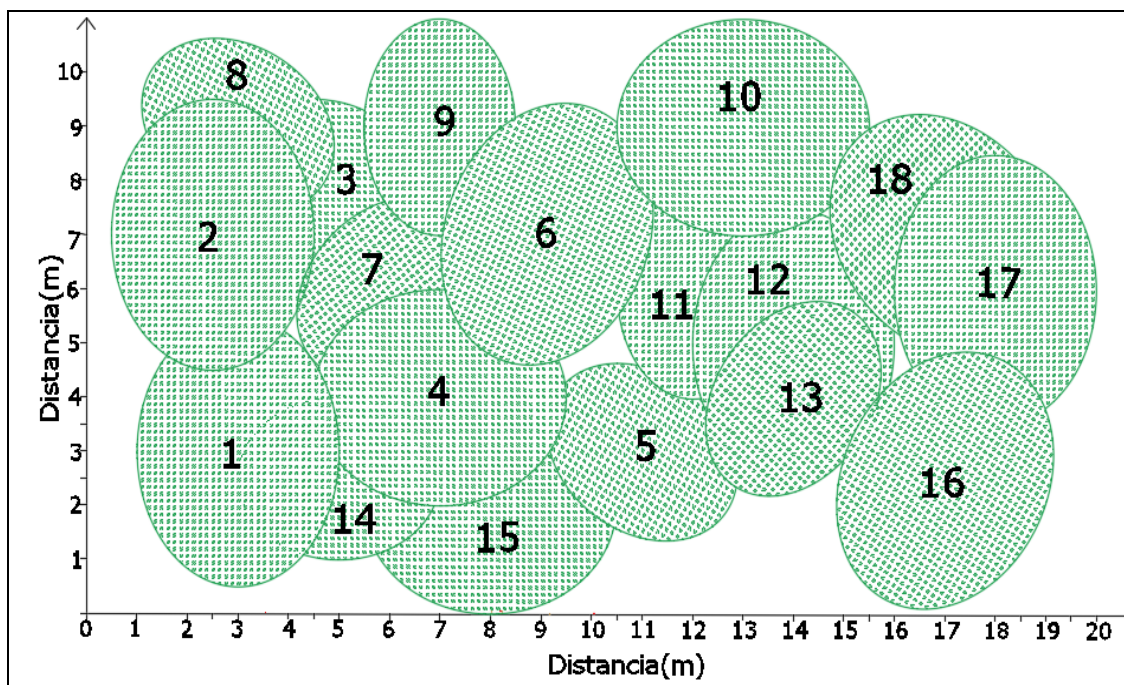


Fig. 28. Perfil horizontal de la parcela 44-isla Matapalo-individuos de *Avicennia germinans*

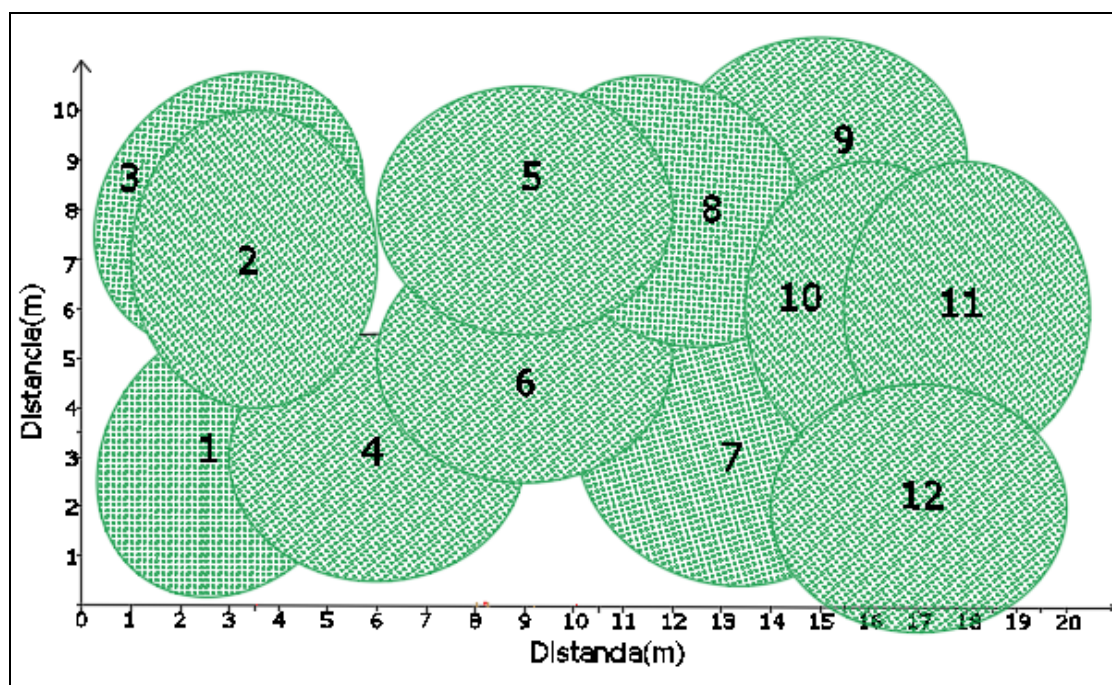


Fig. 29. Perfil horizontal de la parcela 47-isla Correa-individuos de *Rhizophora mangle*

V. DISCUSIÓN

Se encontraron individuos de *Rhizophora mangle* “mangle rojo” de hasta 30,24 cm de DAP. Sin embargo, Del Mónaco *et al.* (2008) encontró hasta 101 cm en manglares de Venezuela, posiblemente debido a la presencia de praderas de *Thalassia testudinum* (fanerógama marina) en su área de estudio, que permiten la acumulación y estabilización de los sedimentos, oponiéndose a la erosión, brindando mejores condiciones ecológicas para el crecimiento de *Rhizophora mangle*. Mientras que en México, Carrillo *et al.* (2008) registró DAP de sólo 3,7 cm en un área afectada por el huracán Wilma, que impidió el crecimiento de esta especie.

La máxima altura encontrada para *Rhizophora mangle* fue de 15 m, mientras que en México Carrillo *et al.* (2008) registró alturas de sólo 3.5 m, pues estos manglares mostraron tendencia al achaparramiento frente al huracán Wilma.

La máxima altura para *Avicennia germinans* “mangle negro” fue de 14 m, mientras que Soto y Jiménez (1982) registraron alturas de sólo 5 m en el manglar de Puerto Soley-Costa Rica, donde las altas salinidades (160 PSU) del lugar inhiben el crecimiento de esta especie.

Se encontraron individuos de *Laguncularia racemosa* “mangle blanco” de hasta 8,59 cm de DAP. Sin embargo, Lema y Polanía (2007) y Orjuela *et al.* (2011) encontraron DAP de 43,7 y 40 cm, respectivamente, en manglares de Colombia. Esto posiblemente a que las precipitaciones aquí fueron de 554 mm y 1401 mm respectivamente, mientras que en Manglares de Tumbes son menores a 100 mm al año, según INRENA (2007) y de acuerdo con Schaeffer *et al.* (1990 en Téllez, 2010) los manglares crecen mejor donde la precipitación es superior a 1500 mm al año y llegan a su máximo desarrollo en zonas donde reciben más de 2500 mm al año.

La altura máxima para *Laguncularia racemosa* fue de 7 m, mientras que Orjuela *et al.* (2011) registró alturas de hasta 20 m en manglares de Colombia, debido a las diferencias de precipitación en ambos lugares, descritas líneas arriba.

La mayor altura registrada en el SNLMT fue de 24 m que correspondió a árboles de *Rhizophora harrisonii* “mangle colorado”, para Clavijo y Sandoval (2009) fue de 20 m, representada también por la misma especie. (Reese, s. f.) menciona que los árboles de mangle en Ecuador alcanzan los 30 m de altura, donde el promedio anual de precipitaciones es de 960 mm, que supera los 100 mm en el SNLMT.

Los distintos valores máximos encontrados de diámetro y altura en dichas especies se le atribuyen a la distinta precipitación anual en los ecosistemas, ya que los manglares con mayores aportes de agua dulce, tienen mayores aportes de nutrientes y menor salinidad, tienen un mayor grado de crecimiento (Cintrón & Schaeffer, 1983 en Rodríguez *et al.*, 2004).

Las distribuciones de los diámetros, en general, presentaron una tendencia o comportamiento en “J” invertida, lo que concuerda con Rollet (1980 en Buitrago *et al.*, 2003), quien nos dice que es característica de los bosques naturales disetáneos, con un gran número de individuos que se están regenerando (brinzales y latizales), cuya frecuencia decrece a medida que se incrementa el diámetro, lo cual garantiza la supervivencia del ecosistema.

Se evidenció que hay impedimentos en el flujo de los individuos hacia las clases diamétricas superiores, a pesar de lo que sugiere la tendencia en “J” invertida” y de que según Hernández (2010) los manglares tienen una alta capacidad de regeneración natural, si las características geomorfológicas e hidrológicas del hábitat no han sido alteradas.

En la distribución de *Rhizophora mangle* “mangle rojo” se observó que la clase 5-10 cm (latizales) concentró el 57,03 % de los individuos y a partir de ella se mostró una clara tendencia de “J” invertida, pero fueron escasos los DAP mayores a 25 cm. Se afirma que existe una buena reserva de individuos regenerados, pero son escasos los que llegan a las clases superiores.

Los árboles de *Rhizophora mangle* alcanzan su madurez a los cuatro años de edad, cuando tienen 12,8 cm de DAP, si se tiene en cuenta individuos de 16 cm de DAP a los cinco años (Polania, 1994), sin embargo, estas medidas son muy relativas, ya que se conoce que los

individuos de mangle en general maduran con diámetros menores, por ello no se pudo asegurar si se estas especies se encontraron en buenas condiciones de maduración.

En la distribución de *Rhizophora harrisonii* “mangle colorado” es a partir de la clase se 10-15 cm que se presentó la tendencia de “J” invertida, observándose un ligero incremento de individuos hacia la clase de 25-30 cm, que sugiere un aumento en las condiciones de luz o nutrientes, pero muy pocos llegan a la clase superior. Este comportamiento sugiere que a pesar de la mortalidad de individuos regenerados de *Rhizophora harrisonii* por deterioro o la competencia por el aumento en las condiciones de luz, hay un aporte de individuos hacia las clases diamétricas subsiguientes, lo que sugiere su capacidad para regularse naturalmente y garantizar su estabilidad en el manglar, tal como lo afirma Villa & Ramírez (2005).

En sólo dos parcelas se observaron algunas plántulas de *Rhizophora*, debido a que en la mayoría de las parcelas no se apreciaron claros, ya que según Hoyos *et al.* (2013) las plántulas tienen un mejor desempeño en los grandes claros del dosel. Asimismo, se observaron pocos propágulos en las orillas de los esteros.

En la distribución de *Avicennia germinans* “mangle negro” la clase 5-10 cm concentró el 61,93 % de los individuos, se observó una clara tendencia de “J” invertida, donde la disminución de individuos hacia las clases superiores fue notoria. Existe una buena reserva de individuos regenerados, sin embargo pocos han alcanzado diámetros mayores a 10 cm.

La poca cantidad de árboles de *Avicennia germinans* con $DAP \geq 10$ cm puede atribuírsele a la elevada salinidad de los sustratos, en muchos áreas se observaron individuos tipo matorral (más de 1 m de altura). También se apreciaron troncos gruesos con grietas y hoyos. Además, las pocas plántulas (individuos con $DAP \leq 2,5$ cm) observadas estaban afectados aparentemente por plagas de insectos.

No se definió la tendencia en la distribución de *Laguncularia racemosa* “mangle blanco”, pues sus individuos sólo se distribuyeron en las dos clases iniciales. Existe una reserva importante de individuos regenerados, pero no han llegado a tener diámetros superiores, talvez por crecer a salinidades de más de 50 PSU, donde su crecimiento se ve reducido (Jiménez, s. f.).

Conocarpus erectus “mangle piña” presentó una clara tendencia en “J” invertida en su distribución, existe una buena cantidad de individuos regenerados, pero pocos en la clase superior de 15-20 cm.

En las distribuciones de las especies *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, debe considerarse el poco número de individuos encontrados, a pesar que Valdez (2004) afirma que la regeneración natural por brotes en *Conocarpus erectus* es muy buena y en *Laguncularia racemosa* la regeneración natural por semillas y por brotes es excelente, en el SNLMT se encontraron muy pocos individuos de estas especies. Talvez el ataque de las plagas impiden su madurez y reproducción, de hecho se observaron muy pocos individuos con flores o frutos.

La tendencia de “J” invertida según Villa & Ramírez (2005) permite inferir que existe una reserva de individuos jóvenes que en un futuro podrán reemplazar a los árboles de mayor tamaño que vayan desapareciendo, asegurando su regeneración. Sin embargo, esto no se asegura en este caso, puesto que el flujo de mangles jóvenes hacia los diámetros mayores no fue adecuado, lo cual no permite su regulación a lo largo de la vida del bosque. Por esta razón tampoco puede considerarse como un bosque maduro (Arteaga, 1987 en Villa & Ramírez, 2005).

Las especies evaluadas se consideraron como especies regulares, puesto que la regeneración (brinzales y latizales) no fue escasa y no hubo predominio de las clases diamétricas superiores (Lamprecht, 1990 en Villa & Ramírez, 2005).

Las distribuciones de altura, en general, también presentaron una tendencia en “J” invertida, la cual refleja un alto potencial de regeneración, sin embargo, evidenció la escasez de individuos en las clases o estratos superiores.

La distribución de alturas de *Rhizophora mangle* mostró la tendencia de “J” invertida a partir de la clase 7-12 m, con gran disminución hacia la clase siguiente. No hay individuos más altos debido a que esta especie por crecer en terrenos inestables, presentan una fisionomía achaparrada (Cortés & Rangel, 2011).

En terrenos menos inundados las ramas más altas de los árboles de *Rhizophora mangle* se extienden horizontalmente formando copas con áreas de hasta 27,49 m², se entrecruzan con las raíces aéreas en el dosel que bajan desde la parte media de los árboles y se mezclan con troncos de otros individuos que también se extienden horizontalmente, lo cual puede estar impidiendo el crecimiento de los árboles, ya que según Espinosa & Muñoz (2000) el crecimiento en altura está determinado, entre otros, por la competencia. Estos casos se observaron en parcelas de *Rhizophora mangle* y de *R. mangle* con *Avicennia germinans*. Aunque Carrillo *et al.* (2008) sostiene que el crecimiento entrelazado es una clara estrategia de protección del dosel del efecto de vientos fuertes y constantes.

La distribución de *Rhizophora harrisonii* mostró una clara discontinuidad, pero el porcentaje de árboles que ha llegado a la clase superior es bueno (19,48 %) a diferencia de las otras especies evaluadas.

La distribución de *Avicennia germinans* mostró una clara tendencia en forma de “J” invertida. La escasez de árboles en estratos superiores se le atribuyó a la salinización del sustrato (Cortés & Rangel, 2011), ya que en algunas islas tierra adentro se encontraron individuos de 1 a 1,5 m de alto formando matorrales, así como individuos de apenas 20 cm que ya presentaban flores y frutos. Probablemente la salinidad aquí sea mayor a 70 PSU, lo que inhibe su crecimiento, puesto que Cintrón & Shaeffer (1983 en Flores *et al.*, 2007) afirman que a estas salinidades *Avicennia germinans* crece como matorral.

Se asumió que *Laguncularia racemosa* presentó la tendencia de “J” invertida, a pesar de que la mayoría de los individuos son juveniles, poquísimos han alcanzado 7 m de altura, puesto que la mayoría se encontraron como arbustos. Esta especie es considerada como demandante de luz, por lo que su presencia probablemente está condicionada a la apertura de claros (Rodríguez *et al.*, 2011).

No se definió la tendencia para *Conocarpus erectus* ya que todos sus individuos se concentraron en la clase inicial. La mayoría de sus individuos y de *Laguncularia racemosa* se encontraron como formas arbustivas y acompañadas de especies halófitas y de bosque seco en el interior de las islas.

Varias plantas de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* presentaron muchas hojas perforadas, afectadas por plagas de insectos, así también en algunos árboles de *Rhizophora* spp. se observaron malformaciones en los troncos

denominadas “agallas” que son producidas por el hongo *Cylindrocarpon didymum* (Jiménez, s.f.).

Según López *et al.* (2011) la altura de los mangles usualmente disminuye con el incremento en la salinidad y el decrecimiento en la disponibilidad de nutrientes, sin embargo, Hoyos *et al.* (2013) afirma que su crecimiento está fuertemente influenciado por el estrés fisicoquímico, especialmente el causado por la intensidad de luz, pues si bien los manglares se encuentran en hábitats tropicales expuestos a intensidades altas de ella, sus tasas de fotosíntesis tienden a estabilizarse en niveles de luz relativamente bajos.

La escasez de mangles con alturas mayores se le atribuyó a la modificación de los flujos de agua por la apertura de canales o desvíos realizados por las langostineras que funcionan en la Zona de Amortiguamiento del SNLMT que altera el flujo y reflujo de mareas, agua dulce, sedimentos y nutrientes en los esteros, ocasionando que los árboles no alcancen un mayor tamaño (INRENA, 2007).

El crecimiento de los mangles en el SNLMT es afectado también por la agricultura que se desarrolla en las márgenes del río Zarumilla, por las aguas de irrigación contaminadas con insecticidas, herbicidas y fungicidas de amplio espectro y fertilizantes sintéticos, que pueden llegar a través de los esteros (INRENA, 2011), pues según Jiménez (s.f.) estas plantas pueden morir con bajas concentraciones de herbicidas basados en auxinas que pueden perturbar los mecanismos osmoreguladores, sobre todo en *Rhizophora* y *Avicennia*.

La salinidad en los sedimentos de los bosques de manglar es una de las variables ambientales más determinantes en la estructura de sus especies y grado de desarrollo. Las condiciones óptimas de crecimiento de las especies de mangle son entre 10 y 20 PSU, cuando la salinidad en los sedimentos es superior a los 70 PSU disminuyen su desarrollo y crecen formando un matorral enano o pueden morir (Agraz *et al.*, 2006; Cintrón & Shaeffer, 1983 en Flores *et al.*, 2007).

Rhizophora mangle en salinidades de cercanas a 34 PSU, presentó valores promedio de altura y DAP con una notable diferencia de 4 m y 5,09 cm en una parcela, mientras que en otra fue de 14,54 m y 12,37 cm, esto posiblemente a que los primeros valores se presentaron en una parcela ubicada casi en el centro de la isla y la otra cercana a la orilla, donde hay mayor disponibilidad de nutrientes (INRENA, 2007).

Avicennia germinans con salinidades de 45,8 y 28,09 PSU presentó una altura y DAP promedio de 11,08 m y 16,65 cm. Es de resaltar que con una salinidad óptima de 29,03 PSU, se tuvieron valores promedio menores a seis, debido posiblemente, a la concentración de nutrientes.

Con 25,88 PSU *Conocarpus erectus* presentó una altura promedio de 4,22 m, a pesar que esta salinidad fue cercana a la óptima general (entre 10 y 20 PSU). Sin embargo, Menéndez *et al.* (2002) encontró una altura promedio de 10,36 m con 24 PSU en el Ecosistema Sabana Camagüey-Cuba, pero este autor tuvo en cuenta también el tipo de sustrato y de inundación.

Aunque la temperatura ambiental tomada no fue mensual, se puede considerar que el intervalo de 22-33 °C es cercano a las temperaturas medias en las que se desarrolla cada especie de mangle, según distintos autores.

El intervalo de temperatura del suelo en el SNLMT fue de 22-29 °C, la bibliografía no señala un rango para el crecimiento óptimo de estas especies, pues el estudio de este factor se centra en especies de cultivo (Brady & Weil, 1999). La temperatura del suelo afecta grandemente los procesos físicos, biológicos y químicos que se producen en el mismo y en las plantas que sobre él crecen y la actividad microbiana. Las velocidades de crecimiento de la mayoría de las plantas son realmente más sensibles a la temperatura del suelo que a la temperatura del aire que está sobre el suelo (Forsythe, 2002; Brady & Weil, 1999).

En el sector “Las Esterlinas”-isla Matapalo se observaron árboles de *Avicennia germinans* de aproximadamente 10 m de altura y algunos pequeños arbustos de *Conocarpus erectus* muy cerca a las orillas del estero. Aquí se observó una diferencia del nivel del suelo, manifestado por el límite de la marca de las mareas, que continuaba en una banda de hojarasca seca de cerca de 3 m de ancho. También en el sector “La Envidia”-isla Las Almejas, fue curiosa la presencia de un solo árbol de *Laguncularia racemosa* de 4 m de alto y dos individuos juveniles de 1 m de *Rhizophora* spp. a pocos centímetros del estero, pero con mayor altura de terreno que el nivel de la marea.

Lo anterior se afianza en el hecho de que la altitud del terreno es la variable más influyente en la distribución de especies que componen la vegetación del manglar en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, según los estudios de Parra (2014). Ya que, de

acuerdo al microrelieve o microtopografía del terreno actúa la altura y duración de la inundación, que produce un gradiente de salinidad en los sedimentos de los bosques de manglar, lo que da lugar a la zonación (presencia y abundancia) de sus especies arbóreas, donde la presencia de una u otra especie lo definen unos cuantos centímetros de diferencia topográfica (López & Ezcurra, 1989 en Carrillo *et al.*, 2008)

Existe buena correlación entre los diámetros y alturas de las especies *Rhizophora harrisonii*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, según Carrillo *et al.* (2008) esto indica que presentan una homogeneidad de crecimiento, es decir crecen regularmente y están en buen estado de salud (aunque se hayan observado jóvenes de *Avicennia germinans* afectados por plagas de insectos). Sin embargo, se observa que muchos individuos con igual DAP tienen distintas alturas y viceversa.

En cambio en *Rhizophora mangle* y *Conocarpus erectus* se encontró una baja relación observándose una disparidad en su crecimiento. Sin embargo, debe considerarse los pocos individuos de *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* encontrados.

Para Citrón & Schaeffer (1985 en Carrillo *et al.*, 2008) el aumento diamétrico de *Rhizophora mangle* está íntimamente relacionado con el incremento en la altura, mostrando un $R^2 = 0,73$. Carrillo *et al.* (2008) encontró un $R^2 = 0,54$ luego del daño causado por el huracán Wilma en México. La baja relación en este estudio puede deberse a un patrón de crecimiento que responde a la inestabilidad de los sustratos donde se desarrolla esta especie.

La baja relación para *Conocarpus erectus* puede deberse a un patrón de crecimiento que responde a las altas salinidades de su sustrato, afianzado por el hecho de que se encontró mucha hojarasca seca en el suelo de los arbustos. Carrillo *et al.* (2008) obtuvo un $R^2 = 0,19$ luego del daño causado al manglar por el huracán Wilma en México.

Arias (2004) sostiene que la relación entre la altura y el diámetro es afectada por la calidad del sitio, densidad de árboles y la edad de los árboles. Carrillo *et al.* (2008) afirma que una baja relación se puede explicar como una forma de respuesta y adaptación a fenómenos naturales como los huracanes, inundaciones, que da lugar a diferentes patrones de crecimiento.

Diéguez *et al.* (2005) afirma que generalmente dos árboles de una misma parcela o masa forestal con el mismo diámetro no tienen la misma altura, por ello, la relación altura-diámetro debe establecerse de forma individual para cada rodal y rango de edades; debido a la heterogeneidad de condiciones estacionales.

La cobertura total de mangle en el SNLMT fue del 48,98 %, aproximadamente 1 455,69 ha. INRENA (2007) sostiene que sus bosques de mangle y vegetación xerófito cubren 1172 ha, mientras que los esteros (canales y riachuelos) suman 1800 ha. Sin embargo, según lo obtenido, los bosques de mangle cubren 1 455,69 ha y la vegetación xerófito junto con los esteros 1 516,31 ha.

Teniendo en cuenta la extensión de 2981 ha, según el Sistema de Información Geográfica, la extensión total de mangle fue de 1460 ha. Según INRENA (2007), en el año 2006 el mangle cubría 1 620,13 ha, que representaba el 54,35 % del SNLMT.

La cobertura de *Rhizophora mangle* fue de 26,39 %, sus árboles presentaron copas de hasta 27,49 m² de área con ramas muy extendidas horizontalmente en parcelas con *Avicennia germinans*. Carrillo (2008) registró un área de copa de 30,63 m² para *Rhizophora mangle*, producto de un mecanismo de protección del dosel del efecto de vientos fuertes y constantes.

Rhizophora harrisonii tuvo una cobertura de 11,93 %. No se observó solapamiento de las copas en sus árboles, las cuales tuvieron hasta 21,99 m² de área.

Avicennia germinans tuvo una cobertura de 9,35 %, sus árboles desarrollaron copas de hasta 23,56 m² con ramas muy extendidas horizontalmente que solapaban a las copas de *Rhizophora mangle*, en algunos casos. Según Weishaupl (1981 en Tovilla *et al.*, 2013) *Avicennia germinans* no tolera solapamiento superior en las copas, por ello desarrolla una mayor copa en el menor tiempo, además presenta sustancias alelopáticas en las hojas, ramas jóvenes y flores, para inhibir el desarrollo de otras especies de mangle.

En el interior de algunas islas se observaron individuos juveniles de *Avicennia germinans* creciendo bajo las copas de arbustos solitarios de *Conocarpus erectus*, lo cual supone una asociación o estrategia de *Avicennia germinans* en esta etapa de su desarrollo.

La cobertura de *Conocarpus erectus* fue de 0,58 %, donde la mayor área de copa fue de 15,71 m², en cambio, Carrillo (2008) registró áreas de 23,95 m², producto de un mecanismo de protección del dosel del efecto de vientos fuertes y constantes. Se observaron arbustos con troncos muy inclinados y torcidos, este fenómeno es frecuente en los bosques de esta especie, debido a la baja densidad de árboles por hectárea (Tovilla & De la Lanza, 1999). Las menores coberturas en el SNLMT fueron las de *Laguncularia racemosa* (0.72 %) y *Conocarpus erectus* (0.58 %), puesto que de estas especies se encontraron pocos individuos.

Un problema importante, ya mencionado, es la alteración del flujo natural de los esteros a consecuencia del acondicionamiento de pozas langostineras que ocasiona la disminución de la cobertura del manglar (INRENA, 2007).

Los resultados documentan que existen impedimentos en el crecimiento de los mangles en el SNLMT, como también en el paso de los individuos hacia las clases superiores, aunque la tendencia en “J” invertida de la distribución diamétrica y de alturas mostró una buena regeneración de las especies. Esto es importante ya que los individuos de dimensiones grandes son naturalmente exitosos y por lo tanto genéticamente superiores y los manglares mejor desarrollados pueden cumplir mucho mejor con su importancia ecológica (Villa & Ramírez, 2005).

V. CONCLUSIONES

La altura y DAP máximos en los individuos de *Rhizophora harrisonii* fue de 24 m y 31,83 cm respectivamente, en *Rhizophora mangle* 15 m y 30,24 cm, en *Avicennia germinans* 14 m y 27,69 cm, en *Laguncularia racemosa* 7 m y 8,59 cm y en *Conocarpus erectus* 5 m y 15,9 cm.

Según las clases diamétricas estándar, más del 50 % de los individuos de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* tuvieron diámetros entre 5 y 10 cm (latizales). Más del 80 % de los individuos de *Rhizophora harrisonii* tuvieron DAP mayores e iguales a 10 cm (fustales) y el 46,15 % de los individuos de *Conocarpus erectus* tuvieron DAP entre 2,5 y 5 cm (brinzales).

Según las clases estándar de altura, más del 60 % de los individuos de *Rhizophora mangle* y *Rhizophora harrisonii* tuvieron alturas entre 8 y 16 m (estrato medio), en cambio en *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* predominaron los individuos con alturas menores a 8 m (estrato inferior) con el 73,6; 100 y 100 %, respectivamente.

La tendencia o comportamiento en “J” invertida de la distribución diamétrica y de alturas mostró una buena regeneración (brinzales y latizales) de las especies de mangle en el SNLMT, pero evidenció que existen impedimentos en el paso de los individuos hacia las clases superiores.

La cobertura total de las especies de mangle en el SNLMT fue del 48,98 %. *Rhizophora mangle* representó el 26,39 %, *Rhizophora harrisonii* el 11,93 %, *Avicennia germinans* el 9,35 %, *Laguncularia racemosa* el 0,72 % y *Conocarpus erectus* representó el 0,58 %.

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar a largo plazo el desarrollo estructural y cobertura de las especies de mangle en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, incluyendo los individuos de DAP menor a 2,5 cm y tipo matorral, junto con el monitoreo de la salinidad intersticial y análisis de nutrientes, con lo cual se podrían definir las áreas potenciales para iniciar o continuar programas de reforestación.

Identificar las fuentes o cursos de agua que han sido alteradas en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, que podría estar inhibiendo el crecimiento de las especies de mangle, así como la dispersión de sus semillas y la supervivencia de sus plántulas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agraz, C. Noriega, R. López, J. Flores, F. Jiménez, J. (2006). Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. México. Recuperado de <http://epomex.uacam.mx/?modulomicrositio=paginas&accionesmicrositio=descargar&archivo=modulos/paginas/archivos/14/adjuntos/GuiaManglarpdf&vistafullmicrositio=yes>
- Arguedas, M. (2007). Plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 4(11 y 12 especial). Recuperado de <http://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/ojs/index.php/kuru/article/download/494/422>
- Almada, P. Sale, P. Gold, G. Kjerfve, B. (2003). Manual de métodos para el programa de monitoreo sinóptico del Sistema Arrecifal Mesoamericano SAM. Métodos seleccionados para el monitoreo de parámetros físicos y biológicos para utilizarse en la Región Mesoamericana. Recuperado de <http://www.mbrs.doe.gov.bz/dbdocs/tech/PMSMan03.pdf>
- Arias, D. (2004). Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. Recuperado de http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/anterior2/pdf/Articulo%204.pdf
- Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP). (2010). Anexo 4: Metodología de Caracterización de Manglares. Programa de Fortalecimiento de la Capacidad de Gestión de ARAP para el Manejo Costero Integrado. Recuperado de http://www.Arap.gob.pa/ambiental/Anexo4_metodolog%C3%ADa_carac_tmanglares.pdf
- Basáñez, A. Cruz, M. Domínguez, C. González, C. Serrano, A. Alberto Hernández. (2008). Estructura y producción de *Conocarpus erectus* L. en el Sitio Ramsar “Manglares y Humedales de Tuxpan”, Veracruz, México. Revista UDO Agrícola 8 (1): 78-87. 2008. Recuperado de <http://www.bioline.org.br/pdf?cg08011>

- Bermúdez, T. (S.F). Medición de Árboles Individuales-Altura. Ecología y Manejo de Bosques Tropicales. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Costa Rica. Recuperado de: <https://ecobosques.wikispaces.com/file/view/Practica+2.+Medicion+Alturas.pdf>
- Brady, N. Weil, R. (1999). Capítulo 7: The Nature and Properties of Soils. 12 Edition. Prentice Hall, New Jersey. USA. Traducción para uso docente: Prof. Molina, C. Recuperado de <http://www.edafologia.com.ar/Descargas/Articulos%20de%20interes/Brady%20and%20Weil%20%20Aireacion%20y%20Temperatura%20.pdf>
- Carrillo, A. Elizalde, E. Torrescano, N. Flores, G. (2008). Adaptación ante disturbios naturales, manglar de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Foresta veracruzana, Vol. 10, Núm. 1, PP. 31-38. Universidad Veracruzana. México. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/497/49711434004.pdf>
- Castillo, P. (2001). Evaluación de las principales plagas del “mangle rojo” (*Rhizophora mangle*), “mangle salado” (*Avicennia germinans*) y “mangle blanco” (*Laguncularia racemosa*) en Tumbes, Perú. Rev. Per. Ent. 42. Recuperado de <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v42/pdf/a17v42.pdf>
- Cancino, J. (S. F). Dendrometría básica. Recuperado de http://www.sibudec.cl/ebook/UD_EC_Dendrometria_Basica.pdf
- Charcape, M. Moutarde, F. (2005). Diversidad florística y conservación del Santuario Regional de Piura Manglares San Pedro de Vice - Sechura. Revista Peruana de Biología. Recuperado de http://www.redalyc.org/redalyc/pdf/1950/Resumenes/195018494016_Resumen_1.pdf
- Chave, J. (2005). Medición de la altura del árbol, para árboles tropicales. Manual de campo. PAN-AMAZONIA. Proyecto de avance de las redes científicas en el Amazonas. Francia. Recuperado de [http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/TreeHeight_spanish\[1\].pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/TreeHeight_spanish[1].pdf)

- Clavijo, A. Sandoval, A. (2009). Evaluación de la estructura y composición florística del bosque manglar en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. [Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal y del Medio Ambiente]. Universidad Nacional de Tumbes. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente. Tumbes, Perú.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2009). Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). Fichas de especies mexicanas. México, D.F. Recuperado de http://www.Biodiversidad.gob.mx/v_ingles/species/especiespriori/fichas/pdf/Mangleblanco02jul09.pdf
- Cortés, D. Rangel, J. (2011). Los bosques de mangle en un gradiente de salinidad en la bahía de Cispatá-Boca Tinajones, departamento de Córdoba. Colombia. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v33n1/v33n1a10.pdf>
- Cumana, L. Sanabria, M. Leopardi, C. Guevara, Y. (2010). Plantas vasculares de los manglares del estado Sucre, Venezuela. Acta Botánica Venezolánica. Vol. 33 n. 2 pp. 273-298. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S008459062010000200007&lng=es
- Díaz, J. (2011). Una revisión sobre los manglares: Características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: Caso Sistema Lagunar de Topolobampo. Ra Ximhai vol. 7, núm. 3, pp. 355-369. Universidad Autónoma Indígena de México, México. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/461/46121063005.pdf>
- Diéguez, U. Barrio, M. Castedo, F. Álvarez, J. (2005). Relación altura-diámetro generalizada para masas de *Pinus sylvestris* L. procedentes de repoblación en el noroeste de España. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales. 14(2), 229-241. Recuperado de [http://www.inia.es/gcontrec/pub/229-241-\(154_04\)-Relacion_1162281472578.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/229-241-(154_04)-Relacion_1162281472578.pdf)
- Dirección de Fomento Forestal. (2006). Manejo Forestal. Elaboración de planes de manejo y planes operativos de aprovechamiento en bosques húmedos latifoliados.

Departamento de Fomento Forestal-República de Nicaragua. Recuperado de <http://www.inafor.gob.ni/images/documentos/publicaciones/pdf/Elaboracion%20de%20planes%20de%20manejo%20y%20planes%20operativos%20de%20aprovechamiento%20en%20bosques%20humedos%20latifol.pdf>

Domínguez, S. Corchero, S. Albano, R. (S, F). Manual de Buenas Prácticas para los Árboles Singulares. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino de España. Recuperado de <http://www.bosquessinfronteras.es/imagenes/manualbuena spracticas.pdf>

Flores, W. Luna, C. (2011). Estimación del contenido de carbono y su valoración económica, del bosque de manglar del santuario nacional los manglares de tumbes, 2010. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero forestal y del medio ambiente].Tumbes-Perú.

Flores, F. Moreno, P. Agraz, C. López, H. Benites, D. Travieso, A. (2007). La topografía y el hidroperiodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. Boletín de la Sociedad Botánica de México, vol. Suplemento núm. 80, pp. 33-47. Sociedad Botánica de México. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/577/57708005.pdf>

Forsythe, W. (2002). Parámetros ambientales que afectan la temperatura del suelo en Turrialba, Costa Rica y sus consecuencias para la producción de cultivos. Agronomía Costarricense 26(1): 43-62. Recuperado de http://www.mag.go.cr/rev_agr/v26n01_043.pdf

Hernández, F. (2013). Protocolo para la reproducción de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en vivero. Tlacotalpan Veracruz, México. Recuperado de http://www.pronaturaveracruz.org/ecoforestal/galerias/documentos/reproduccion_mangle_rojo.pdf

Holt, S. Rueda, R. Montiel, M. Coronado, I. (2013). Plantas de la isla Juan Venado, Nicaragua. Recuperado de <http://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/506.pdf>

- Hoyos, R. Urrego, L. Lema, A. (2013). Respuesta de la regeneración natural en manglares del delta del río Turbo y la bahía El Uno (Golfo de Urabá-Colombia) a la variabilidad ambiental y climática intra-anual. *Revista biológica tropical* vol.61 n.3. Recuperado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000400035
- Instituto Nacional de Recursos Naturales-INRENA. (2007). Plan Maestro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2007-2011. Recuperado de http://www.darwinn.net.org/docs/PlanM_SNLMT.pdf
- Jiménez, J. [s.f.]. *Rhizophora mangle* L. Red mangrove. SO-ITF-SM-2. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 7 p. Recuperado de <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Rhizophoramangle.pdf>
- Jiménez, J. Lugo, A. [s.f.]. *Avicennia germinans* (L.) L. SO-ITF-SM-4. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p. Recuperado de <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Avicenniagerminans.pdf>
- Jiménez, M. González, F. (1996). Análisis de la estructura del manglar de la laguna de Juluápan, Col., México. Recuperado de <http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/cienciapesquera/CP12/CP12-12.pdf>
- Jiménez, J. Soto, R. (1985). Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la Costa Pacífica de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*33 (1). Recuperado de http://www.ots.ac.cr/rbt/attachments/volumes/vol33-1/05_Jimenez_Manglares.pdf
- López, B. Barreto, M. Conde, J. (2011). Caracterización de los manglares de zonas semiáridas en el noroccidente de Venezuela. Vol. 36 N° 12. Recuperado de http://www.interciencia.org/v36_12/888.pdf
- López, J. Endañú, E. Amador, L. (2013). Por sus hojas las conocerás: Identificación de las especies de mangle presentes en la península de Yucatán. Recuperado de http://www.researchgate.net/profile/Enrique_Lopez_Contreras/publication/259714857_Por_sus_hojas_las_conocers_Identificacin_de_las_especies_de_mangle_presentes_en_la_Pennsula_de_Yucatn/links/0c96052d6fa0988835000000.pdf

- Manrow, M. Vílchez, B. (2012). Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares Laguna de Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica)* Volumen 9. N° 23, julio 2012. Recuperado de [http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/kuru/Documents/2012/Vol-9\(23\)2012/1%20Estructura,%20composici%C3%B3n%20flor%C3%ADstica%20biomasa%20y%20carbono.pdf](http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/kuru/Documents/2012/Vol-9(23)2012/1%20Estructura,%20composici%C3%B3n%20flor%C3%ADstica%20biomasa%20y%20carbono.pdf)
- Marmillod, D. Cajina, O. Paniagua, C. Sediles, E. (2001). Elementos técnicos, económicos y sociales para el manejo forestal de los manglares de la costa pacífica norte de Nicaragua. Serie Técnica. Informe Técnico N° 319. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Instituto de Desarrollo Rural (IDR), Turrialba, Costa Rica. Recuperado de <http://orton.catie.ac.cr/REPDO/A6683E/A6683E.PDF>
- Menéndez, L. Guzmán, J. Capote, R. Gómez, R. Sotillo, A. (2002). Estructura de los bosques de mangle en Cuba. En Menéndez, E. Guzmán, J. Ecosistemas de manglar en el archipiélago cubano. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0017/001785/178568s.pdf>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2012). Sistema de Gestión Presupuestal. Clasificador de Gastos. Recuperado de http://www.mef.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=356&Itemid=100290
- Molina, E. (2009). Dinámica de los manglares de Bahía Portete, alta Guajira a escala de paisaje y su relación con variables climáticas asociadas al cambio climático global y regional. [Tesis para optar el título de magíster en bosques y conservación ambiental]. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Forestales Maestría en bosques y conservación ambiental. Medellín. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1788/1/43252252.2009.pdf>
- Mostacedo, B. Fredericksen, T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOS), Santa Cruz, Bolivia. Recuperado de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Mostacedo2000EcologiaVegetal.pdf>

- Mostacero, J. Mejía, F. Peláez, F. (1996). Fitogeografía del Norte del Perú. Lima-Perú.
- Nava, P. Tovilla, C. Nieto, G. (2011). Morfología del Polen de *Conocarpus erectus* L. 1753. Recuperado de <http://laboratorios.tap-ecosur.edu.mx/LMEB/Publicaciones%20pdf/polen%20mangle%20CIASEM2011.pdf>
- Niembro, A. Vásquez, M. Sánchez, O. (2010). Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica. Centro de Investigaciones Tropicales. Recuperado de http://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/colec_veracruzsigloXXI/ArbolesVeracruz100especies.pdf
- OFI/CATIE. Oxford Forestry Institute/Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. (2012). *Avicennia germinans*. Manual de árboles de Centro América OFI/CATIE. Turrialba. Recuperado de <http://www.arbolesdecentroamerica.info/index.php/es/species/item/332-avicennia-germinans>
- OFI/CATIE. Oxford Forestry Institute/Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. (2012). *Conocarpus erectus*. Manual de árboles de Centro América OFI/CATIE. Turrialba. Recuperado de <http://www.arbolesdecentroamerica.info/index.php/es/species/item/310-conocarpus-erectus>
- OFI/CATIE. Oxford Forestry Institute/Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. (2012). *Rhizophora mangle*. Manual de árboles de Centro América OFI/CATIE. Turrialba. Recuperado de <http://www.arbolesdecentroamerica.info/index.php/es/species/item/264-rhizophora-mangle>
- Olguín, E. Hernández, M. Sánchez, G. (2007). Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. Revista internacional de contaminación ambiental, 23(3), 139-154. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992007000300004&lng=es&tlng=es
- Orjuela, A. Villamil, C. Sanjuan, A. (2007). Cobertura y estructura de los bosques de mangle en la baja Guajira, Caribe Colombiano. Boletín 40 (2). Instituto de

Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v40n2/v40n2a09>

Parra, C. (2014). Efecto de la altitud del terreno sobre la estructura y distribución espacial de las comunidades vegetales del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. (Tesis para optar el título de bióloga). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/2014/Tesis_Pregrado_Clau dia_Parra_Paitan_Biologia_Ciencias.pdf

Phillips, O. Baker, T. Feldpausch, T. Brien, R. (2009). Manual de campo para la remediación y establecimiento de parcelas. Disponible en: <http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/RAINFOR%20manual%20de%20campo%20version%20Junio%202009%20ESP.pdf>

Preciado, H. (2015). Mecanismos de Desarrollo Interno-MDA Perú.

Rodríguez, A. Nivia, J. Garzón, J. (2004). Características estructurales y funcionales del manglar de *Avicennia germinans* en la bahía de Chengue (caribe colombiano). Boletín de Investigaciones Marinas Costeras. 33 223-244 ISSN 0122-9761 Santa Marta, Colombia. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v33n1/v33n1a12.pdf>

Rodríguez, E. Chang, J. Goti, I. (2012). Características estructurales del bosque de *Rhizophora mangle* L. en el refugio de vida silvestre Isla de Cañas, Los Santos, Panamá. Recuperado de http://www.up.ac.pa/ftp/2010/f_ciencias/tecnocienciasvolumen14-1/articulo6.pdf

Rodríguez, M. Ramírez, P. Gutiérrez, G. (2011). Efectos de la extracción no controlada de madera sobre la comunidad y estructura de tamaños de los manglares de Alvarado, Veracruz, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (89), 107-113. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/bsbm/n89/n89a6.pdf>

Sánchez, D. (2009). Patrones de floración, polinización y producción de frutos de tres especies neotropicales de mangle presentes en humedales de San Andrés isla, Caribe

Colombiano. Documento de tesis para optar al título de master en biología línea ecología). Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Ciencias-Departamento de Biología-Bogotá, D. C. Recuperado de <http://core.ac.uk/download/pdf/11052844.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SIRE. (2014). *Conocarpus erectus*. L. Fichas Técnicas. Comisión Nacional Forestal. CONAFOR-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. CONABIO. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/904Conocarpus%20erectus.pdf>

Soto, R. Jiménez, J. (1982). Análisis fisonómico estructural del manglar de Puerto Soley, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Biológica Tropical*. 30(2): 161-168, 1982. Recuperado de <http://www.biologiatropical.ucr.ac.cr/attachments/volumes/vol30-2/07-Soto-Manglar.pdf>

Téllez, C. (2010). Caracterización dasonómica del bosque de mangles en el estero Palo Verde, laguna de Cuyutlán, Colima”. México. [Tesis para optar el título de Ingeniero en Restauración Forestal]. Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado de http://www.chapingo.mx/dicifo/tesislic/2010/tellez_garcia_citlali_paulina_2010.pdf

Tovilla, C. De la Lanza, G. (1999). Ecología, producción y aprovechamiento del mangle *Conocarpus erectus* L., en Barra de Tecoanapa Guerrero, México. *BIOTROPICA* 31 (1): 121-134. Recuperado de <ftp://169.158.189.34/pub/Biotropica/1990s/1999/31-1/Biotropica-1999-31-1 p121.pdf>

Tovilla, C. Infante, D. Ovalle, F. De la Presa, J. García, J. De la Cruz, G. (2013). Inventario del manglar y avance de la intrusión salina en el ejido Chiltepec, municipio de Paraíso, Tabasco. El colegio de la Frontera Sur Unidad Tapachula. Informe final. Recuperado de http://cuencagrijalva.ecosur.mx/cuenca_grijalva/iles/informe_Final/sp08_archivos/08_0209_Informe_Ej_Ursulo_Galvan.pdf

Trejo, J. (2009). Un mangle de plata: El Botoncillo *Conocarpus erectus*. Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán. Recuperado de http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/2009/julio/un-mangle-de-plata-el-botoncillo-conocarpus-erectus

- Ulloa, G. Rodríguez, H. Gil, W. Pino, J. (1998). Manual sobre dinámica de crecimiento, regeneración natural, y aspectos fenológicos de Los Manglares del Caribe Colombiano. Recuperado de [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD171%2091/pd171-91-p2-s1-3%20rev2\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD171%2091/pd171-91-p2-s1-3%20rev2(F)%20s.pdf)
- Valdez, J. (2004). Manejo forestal de un manglar al sur de Marismas Nacionales Nayarit. Madera y Bosques. Vol. 10. N° especial 2. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, México. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/617/61709907.pdf>
- Villa, A. Ramírez, J. (2005). Caracterización diamétrica de las especies maderables en bosques primarios del Cerro Murrucucú. [Trabajo de grado realizado para optar el título de ingenieros forestales]-Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Ciencias Agropecuarias-sede Medellín.
- Valdez, J. (2004). Manejo forestal de un manglar al sur de Marismas Nacionales Nayarit. Madera y Bosques. Vol. 10. N° especial 2. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, México. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/617/61709907.pdf>
- Yáñez, A. Twilley, R. Lara, A. (1998). Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. Madera y Bosques, vol. 4, Núm. 002. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México. pp. 3-19. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/617/61740202.pdf>
- Zavala, S. (2009). Guía a la redacción en el estilo APA. 6ta ed. Biblioteca de la Universidad Metropolitana, Venezuela. Recuperado de <http://www.suagm.edu/umet/bibliotecapdf/GuiaRevMarzo2012APA6taEd.pdf>

ANEXOS

PARCELA N°:										
Isla-Sector:										
Fecha:										
Hora:										
Coordenadas centrales (UTM):										
Temperatura ambiente (°C):										
Temperatura del suelo (°C):										
Salinidad (PSU):										
ESPECIE EVALUADA:										
N°	SP.	X (m)	Y (m)	CAP (cm)	D (m)	Ha (%)	Hb (%)	HT (m)	L (m)	a (m)
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										

Cuadro 17. Ficha de registro de datos en campo

Leyenda: Sp: Especie. X: Distancia al árbol respecto al eje “X”. Y: Distancia al árbol respecto al eje “Y”. CAP: Circunferencia a la altura del pecho. D: Distancia entre el observador y la base del árbol. Ha: Lectura observando con clinómetro hacia el ápice del árbol. Hb: Lectura observando con clinómetro hacia la base del árbol. HT: Altura total. L: Largo de copa. a: Ancho de copa

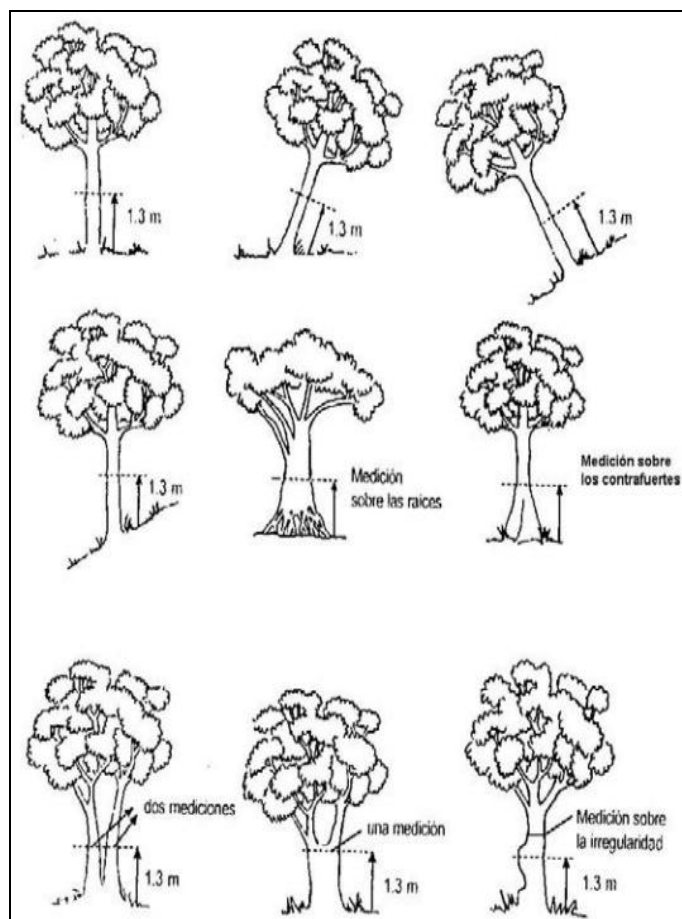


Fig. 30. Reglas para la medición del DAP

Fuente: Torres *et al.* (2013)



Fig. 31. Registro de la altura

Cuadro 18. Datos para cálculo de la cobertura

Especies	AC (ha)	ACT (ha)	C (%)	C/ha (%)	Ext. (ha)
Rm	1,100188	2,041666	53,8867768	26,3935319	784,415769
Rh	0,497276	2,041666	24,3563835	11,9296611	354,549528
Ag	0,389853	2,041666	19,0948471	9,3525812	277,958713
Lr	0,030159	2,041666	1,47717599	0,72351501	21,502866
Ce	0,02419	2,041666	1,18481671	0,58031858	17,2470682
Total				48,9796078	1455,67394

Leyenda: Rm: *Rhizophora mangle*. Rh: *Rhizophora harrisonii*. Ag: *Avicennia germinans*. Lr: *Laguncularia racemosa*. Ce: *Conocarpus erectus*. AC: Área de copa de cada especie. ACT: Área de copa total. C: Cobertura. C/ha: Cobertura por ha. Ext: Extensión



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN AGUA

SOLICITANTE : INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU
PROCEDENCIA : TUMBES
REFERENCIA : H.R. 46429
FACTURA : 27167
FECHA : 21/08/14

Nº LAB	CLAVES	C.E. dS/m
3310	2	42.20
3311	3	49.40
3312	4N	40.50
3313	5N	44.90
3314	11	43.60
3315	18	39.50
3316	27	40.30
3317	28	38.80
3318	31	37.10
3319	32	37.10
3320	P-33	38.90
3321	35	51.60



Dr. Sady García Bendezu
Jefe de Laboratorio

Fig. 32. Informe de análisis de conductividad eléctrica de la Universidad Nacional Agraria La Molina.



Fig. 33. Población de *Avicennia germinans* “mangle negro” tipo matorral.



Fig. 34 y 35. Plántulas de *Avicennia germinans* con plaga/Adultos con plagas



Fig. 36 y 37. Individuo maduro de *Avicennia germinans* (10 cm de alto)/Inflorescencia



Fig. 38 y 39. Arbustos de *Laguncularia racemosa* “mangle blanco”/Árbol (centro).



Fig. 40 y 41. *Rhizophora harrisonii* “mangle colorado” en La Chalaquera/En isla Roncal



Fig. 42 y 43. *Rhizophora mangle* “mangle rojo” en las orillas/Juvenil en el interior



Fig. 44 y 45. “Agallas” en el tronco de *Rhizophora* spp. /Propágulos en las orillas



Fig. 46 y 47. *Conocarpus erectus* “mangle piña” en Las Almejas/En Matapalo.



Fig. 48 y 49. Juveniles de *Rhizophora* spp. en Estero La Envidia-isla Almejas/Árboles de *Avicennia germinans* y arbusto de *Conocarpus erectus* en Las Esterlinas-isla Matapalo.



Fig. 50. Diferencia del nivel y humedad del sustrato en el sector Las Esterlinas-isla Matapalo.



Fig. 51. Entrecruzamiento de troncos, ramas y raíces aéreas



Fig. 52. Vegetación al interior de las islas



Fig. 53. Chorros de agua que penetran la vegetación de mangle.



Fig. 54. Pampas hipersalinas al interior de la islas.



Fig. 55. Vegetación en las lagunas del interior de las islas.

Cursos de agua alterados en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes

En el SNLMT no existen bloqueos de canales o esteros, sino alteraciones sobre el cauce del río o algunas quebradas que han acelerado el proceso de colmatación en este ecosistema (Preciado, 2015). Así se tiene:

El Río Zarumilla afecta al:

1. Canal internacional, este al estero Zarumilla parte alta y a su vez al estero Chinchana.
2. Estero Matanza y este al estero Zarumilla parte alta.
3. Estero Camarones, este al estero Zarumilla parte alta y luego al estero Algarrobo.
4. Canal Hualtaco, este al estero Zarumilla parte alta y luego al estero Algarrobo.

Quebrada Zarumilla afecta al:

1. Canal artificial Paracas, este al estero algarrobo y luego al estero Zarumilla.
2. Canal artificial Paracas y este directamente al estero Zarumilla.

Quebrada Grande: Ha sido alterada o bloqueada fuera de la Zona de amortiguamiento del santuario en Zona de influencia. Afecta al:

1. Estero Gallegos y este al estero Zarumilla.
2. Estero La Soledad, este al estero El Gallo y luego al estero Zarumilla.

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DE MANGLE EVALUADAS

***Rhizophora mangle* Leechman. 1753**

Familia: Rhizophoraceae

Nombres comunes: Mangle rojo, mangle colorado



Fig. 56. *Rhizophora mangle* “mangle rojo”

Distribución geográfica: Se encuentra en las costas tropicales y subtropicales de América y es nativo desde el sur de Florida, a través de México y América Central hasta Ecuador, Perú y Brasil en América del Sur (OFI-CATIE, 2012).



Fig. 57. Distribución de *Rhizophora mangle* en América

Fuente: Jiménez (s. f.).

Ecología: Se encuentra en las condiciones de mayor inmersión del suelo y de menor salinidad (0 a 37 ups, con tolerancia de hasta 65 ups) es una especie pionera en los límites terrestres y marinos. (Agraz *et al.*, 2006).

Se le encuentra bajo una gran variedad de regímenes de precipitación, desde menos de 800 hasta 10000 mm por año y se encuentra restringida a unos regímenes de temperatura que promedian entre 21 y 30 °C (Jiménez, s. f). Es extremadamente intolerante a la sombra y las plántulas por lo general mueren bajo el dosel cerrado de los árboles progenitores (Jiménez, s. f).

Cuando se encuentra a salinidades superiores a las 50 psu muestra enanismo, ya que las plantas no superan 1.5 m de altura y los pequeños propágulos que producen no sobresalen los 10 cm de largo (Jiménez, 1994 en Marmillod *et al*, 2001).

Descripción botánica: Es un árbol de 15 hasta 25 m de altura con un DAP de hasta 50 cm (Polania, 1994; Valdez, 2004).

Presenta un hábito de crecimiento denominado “chemis” que se caracteriza por un tronco principal inclinado antes de alcanzar 2 m de altura, que crece luego de manera paralela al suelo; este tronco es sostenido por raíces fúlcreas en todo su largo que genera una maraña de raíces, de él emergen numerosos ejes de crecimiento ortótropo, pero de poco desarrollo. Por este tipo de crecimiento, alcanza longitudes de 13 m (Marmillod *et al.*, 2001).

El número de fustes de *Rhizophora mangle* es una función del grado de desarrollo alcanzado por el rodal (Cintrón & Schaeffer, 1985 en Rodríguez *et al.*, 2012).



Fig. 58. *Rhizophora mangle* puede presentar más de un fuste.

Hojas: Las hojas son de color verde oscuras en el haz y amarillentas con puntos negros en el envés, estos puntos no están alineados en la parte cercana al borde como en *Laguncularia racemosa* “mangle blanco”, sino que se les puede observar en toda la superficie de la hoja (Henández, 2013; López *et al.*, 2013).

Raíces: Durante las etapas juveniles desarrollan un subsistema de raíces terrestres primarias de corta vida. La forma adulta se caracteriza por un subsistema de raíces aéreas en arco (raíces puntales o zancudas) que emergen del tronco de manera perpendicular. Estas raíces penetran el terreno de manera superficial y producen un sistema de raíces capilares extenso que produce un suelo fibroso grueso. Las raíces aéreas pueden ser simples o dicotómicamente ramificadas, tienen lenticelas en forma de poros, aberturas hidrófobas permeables al aire y no al agua los cuales se abren y se sierran de acuerdo al

nivel de inundación, estas raíces también ayudan a afianzar el árbol en los suelos inestables y se pueden encontrar más arriba en el tronco y en las ramas laterales (Hernández, 2013; Jiménez, s. f.).



Fig. 59 y 60. Plántula de *Rhizophora* spp./Juvenil de *Rhizophora mangle*

Flores: Las flores son hermafroditas (Dawes 1991 en Díaz, 2011). Poseen 8 estambres y un ovario ínfero con cuatro óvulos, de los cuales usualmente se desarrolla sólo uno. Sus botones florales muestran formas cuadradas (Jiménez, 1999). Sus inflorescencias son simples con dos o tres flores ceríceas y con cuatro sépalos persistentes bien extendidos coriáceos (Agraz *et al.*, 2006, Hernández, 2013).



Fig. 61 y 62. Flores de *Rhizophora mangle*/Inflorescencia
Fuente: Agraz *et al.* (2006)

Fruto: Baya o cápsula cónica con una sola semilla y cáliz persistente (OFI-CATIE, 2012; Hernández, 2013).

Germinación y propagación: *Rhizophora mangle* aunque puede ser visitado por insectos, es polinizado por el viento principalmente (Tomlinson 1994 en Sánchez, 2009). El proceso de germinación ocurre cuando el embrión se encuentra dentro del fruto y prendido del árbol progenitor, fenómeno típico de las especies vivíparas. Después de romper la pared del fruto, las plántulas crecen por un período de 3 a 6 meses (Jiménez, s. f.).

La capacidad de flotar es otro aspecto a destacar en los embriones, esta condición les permite dispersarse a grandes distancias sobre flujos de agua por acción del oleaje, las mareas, inundación por desbordes de los ríos y la precipitación (Hernández, 2013). Los propágulos que han caído son transportados por las corrientes de las mareas y son capaces de establecerse después de flotar por hasta 12 meses. El establecimiento de una plántula comienza cuando se ve encallada en aguas poco profundas y las raíces primarias la anclan (Jiménez, s. f.).



Fig. 63. Propágulo de *Rhizophora mangle*

Los árboles alcanzan su madurez a los 4 años de vida. Aunque la tasa de crecimiento y tamaño de los árboles depende en gran medida de las características del sitio de crecimiento (OFI-CATIE, 2012).

Fenología: La floración es irregular, con picos de acuerdo con los patrones locales de clima (OFI-CATIE, 2012).

Las plántulas se pueden adaptar al medio ambiente del sotobosque sombreado, mientras que los árboles maduros se desempeñan mejor a plena exposición. Sin embargo, se ha encontrado que las plántulas de *Rhizophora mangle* en general, tienen un mejor desempeño en los grandes claros del dosel (Hoyos *et al.*, 2009).

Usos: Uno de los usos principales es para la extracción de taninos de su corteza, para curtir y teñir pieles, la corteza también se usa para el tratamiento de las hemorragias, inflamaciones, diarreas y la lepra (Jiménez, s. f.).

Es fuente de combustible. Es también fuente de postes para cercas, estaquillas, postes eléctricos y traviesas de ferrocarril. La madera es muy resistente a los ataques fungales y a las termitas. Se obtiene también un carbón de buena calidad a partir de la madera (Jiménez, s. f.).

Sus hojas han sido sugeridas como una dieta suplementaria para el ganado y las aves de corral, debido a su alto valor nutricional (Jiménez, s. f.).

Agentes dañinos: El hongo *Cylindrocarpon didymum* produce una enfermedad que causa agallas que resultan en la malformación del tronco y de las raíces puntales. En unos pocos casos, los árboles con una infección severa perecen debido a esta enfermedad o debido a otros agentes actuando sobre los árboles debilitados (Jiménez, s. f.).



Fig. 64. “Agallas” en el tronco de árboles de *Rhizophora* sp.

Dos barrenadores de la madera, *Poecilips rhizophorae* y *Sphaeroma terebrans*, se encuentran en esta especie de manera ocasional, ambos invaden las raíces puntales de los árboles. Las plántulas recién establecidas pueden ser atacadas por *P. rhizophorae* o comidas por cangrejos o monos (Jiménez, s. f.).

Castillo (2001) menciona como plagas de las hojas al gusano enrollador de brotes y hojas tiernas (Tortricidae), gusano esqueletizador y gusano perforador de hojas (Psychidae), mosca blanca (Aleyrodidae), arañita roja (*Tetranychus* sp.), entre otros; como plagas del tallo, gusano barrenador de yemas terminales y tallos (Tortricidae) y como plagas de los propágulos: gorgojo barrenador de propágulos (*Coccotrypes rhizophorae*) y saltamontes de antenas largas (Tettigoniidae).

***Rhizophora harrisonii* Leechman.**

Familia: Rhizophoraceae

Nombres comunes: Mangle rojo, mangle colorado



Fig. 65. Inflorescencia de *Rhizophora harrisonii* “mangle colorado”

Rhizophora harrisonii es considerado como un híbrido entre *Rhizophora mangle* y *Rhizophora racemosa*, siendo sus características vegetativas y ecológicas semejantes a la de los supuestos parentales (Tomlinson 1986 en Marmillod *et al.*, 2001).

Tiene en las inflorescencias de 8 hasta 32 flores, a diferencia de *Rhizophora mangle* que sólo posee de 2 a 3 flores en cada inflorescencia (Agraz *et al.*, 2006). Presenta un fuste de crecimiento ortótropo bien definido, alcanza un DAP de 30 cm y alturas totales de 17 m. Se encuentra a orillas del estero y en lugares donde hay influencia de marea. Cuando crece junto con *Rhizophora mangle*, normalmente lo hace detrás de ella, en suelos más consolidados. Es importante recordar que, por tratarse de un híbrido, se observa una gran variación morfológica en los caracteres descritos anteriormente (Jiménez & Soto, 1985; Marmillod *et al.*, 2001).

Así, puede adoptar excepcionalmente un hábito de crecimiento que puede confundirse con el hábito “chemis”, con el fuste fuertemente inclinado y raíces complementarias de apoyo, pero conservando la dominancia del ápice terminal. Esto ocurre en individuos grandes ubicados a orilla del estero, cuando pierden soporte en terreno muy fangoso o equilibrio por cortarles algunas raíces. Cuando se presenta este caso, el individuo siempre posee alturas y diámetros mayores que los que alcanza *Rhizophora mangle* (Tomlinson 1986 en Marmillod *et al.*, 2001).



Fig. 66 y 67. Árboles de *Rhizophora harrisonii*

***Avicennia germinans* Leechman. 1764**

Familia: Avicenniaceae

Nombres comunes: Mangle negro, mangle salado, mangle prieto, mangle jelí



Fig. 68. Árboles de *Avicennia germinans* “mangle negro”

Distribución geográfica: Se le puede encontrar a través de la costa del Golfo de México y desde el norte de la Florida hasta Espírito Santo, en Brasil. En las costas del Océano Pacífico en la América del Norte y del Sur, crece desde Punta de Lobos, en México hasta el sur de Punta Malpelo, en Perú (Jiménez & Lugo, s.f.).



Fig. 69. Distribución de *Avicennia germinans* en América

Fuente: Jiménez & Lugo (s. f.)

Ecología: Crece en zonas ligeramente más elevadas, donde el suelo está cubierto de agua continuamente, pero por unos pocos centímetros, o son inundados por mareas pocas veces al año. Crece con precipitaciones anuales de 800-7000 mm y con temperaturas de 22-28 °C. Puede encontrarse en salinidades mayores de 40 ups hasta 100 ups gracias a las glándulas secretoras de sal en sus hojas (Agraz *et al.*, 2006; OFI-CATIE, 2012).

Descripción botánica: Es un árbol de fuste recto y cilíndrico que alcanza alturas hasta de 20 m y diámetros hasta de 40 cm (Niembro *et al.*, 2010).

La estatura del árbol varía enormemente, con algunos individuos maduros (activos en la reproducción) con una altura de sólo 20 cm, las condiciones climáticas y edáficas son responsables por esta variabilidad (Jiménez & Lugo, s.f.). Los arbustos pueden presentar los troncos y ramas jóvenes tetrágonas y la corteza levemente fisurada en placas (Agraz *et al.*, 2006).



Fig. 70. Tronco tetragono de *Avicennia germinans*

Hojas: Sus hojas presentan ápice obtuso y base cuneada. Peciolos gruesos. Glándulas excretoras en el envés de la hoja, la cual puede verse cubierta por la sal (Agraz *et al.*, 2006).

Raíces: Se caracteriza por poseer un sistema radical subterráneo superficial con raíces hundidoras y neumatóforos. Los neumatóforos son raíces respiratorias que emergen en forma de pequeños tubos alargados cubriendo el suelo alrededor de la base del árbol. El número de neumatóforos es altamente variable y su altura aumenta con la profundidad de las aguas (Jiménez & Lugo, s.f.).



Fig. 71. Alfombra de neumatóforos de *Avicennia germinans*

Flores: Sus flores son hermafroditas y sus inflorescencias son panículas cortas (Dawes, 1991 en Díaz, 2011; Agraz *et al.*, 2006).



Fig. 72 y 73. Flor de *Avicennia germinans*/Inflorescencia

Fuente: Agraz *et al.* 2006/Fuente propia

Frutos: Sus frutos son cápsulas que se abren en dos valvas y contienen una única semilla (OFI-CATIE, 2012).

Geminación y propagación: *Avicennia germinans* tiene un sistema reproductivo hermafrodita y polinización entomófila (Tomlinson 1994 en Sánchez, 2009).

La germinación comienza dentro del fruto aun cerrado, pero sin que llegue a salir la primera raicilla. El fruto, con la semilla recién germinada dentro, permanece unido a la planta madre por 10 a 12 días antes de caer al suelo. Durante la geminación de estos propágulos no se forma una raíz principal (OFI-CATIE, 2012). En condiciones de inundación frecuente sus propágulos continúan flotando y no se establecen en presencia de agua (Hernández, 2010).



Fig. 74 y 75. Rama florífera de *Avicennia germinans*/Fruto

Fenología: Las plántulas de *Avicennia germinans* rara vez sobreviven más de seis meses bajo adultos congéneres o heteroespecíficos (Hoyos *et al.*, 2009). La madurez sexual se alcanza cuando las plantas tienen de 2 a 3 m de altura (Jiménez & Lugo, s.f.).

Usos: Es fuente de leña y carbón en muchas áreas costeras de la América Tropical. Se usa también para postes de embarcaderos, postes de telégrafo y alambrado eléctrico y traviesas de ferrocarril (Jiménez & Lugo, s.f.).

La corteza se usa como una fuente de taninos y su infusión como un astringente. La resina se usa para el tratamiento de úlceras, hemorroides, diarreas y tumores. La pulpa de su madera ha sido reportada como adecuada para papel (Jiménez & Lugo, s.f.).

Agentes dañinos: El crustáceo *Sphaeroma terebrans* “barrenador de la madera” ha sido encontrado en las raíces expuestas. Los hongos *Alternaria alternata* y *Phytophthora* spp. han sido reportados como la causa de la defoliación y muerte. Los cóccidos *Icerya seychellarum* y la oruga *Cleora injectaria* producen la infestación de las hojas y la defoliación (Jiménez & Lugo, s.f.).

La madera es susceptible al ataque por las termitas de la madera seca. Otros reportan que la madera es resistente a las termitas, pero que es dañada severamente por los hongos y la polilla de mar (Jiménez & Lugo, s.f.). Según Arguedas (2007) el insecto *Metachroma ca. clarkei* (Coleóptera) ataca el follaje.

Castillo (2001) menciona como plagas de las hojas al gusano esqueletizador de hojas (Pyralidae), mosca de las agallas (Cecidomyiidae), saltahojas (Fulgoridae), entre otros y como plagas del fruto menciona al barrenador de frutos (Pyralidae).



Fig. 76. Plántulas de *Avicennia germinans* dañadas por plagas.

Laguncularia racemosa (L.). Gaertner. 1807

Familia: Combretaceae.

Nombres comunes: Mangle blanco, mangle prieto, jeli de mangle



Fig. 77. Arbustos de *Laguncularia racemosa* “mangle blanco”

Distribución geográfica: Existe en el oeste de África desde Senegal a Camerún, en las Bermudas y en América en ambas costas desde Florida y el norte de México hasta Brasil y Ecuador, las Islas Galápagos y hasta el noroeste de Perú (CONABIO-CONANP, 2009).

Ecología: Está restringida a áreas con temperaturas mínimas promedio de más de 15.5 °C, crece en una gran variedad de suelos, desde arenosos hasta depósitos cenagosos o arcillosos (CONABIO-CONANP, 2009).

Se encuentra en las condiciones de menor salinidad (0 a 42 ups), tolera un espectro de 0 a 90 psu, pero prefiere concentraciones promedio entre 15 y 20 psu. Su crecimiento se ve reducido a salinidades de más de 50 psu (Agraz *et al.*, 2006; Jiménez, s. f.).

Descripción botánica: Es un arbusto o árbol dioico o hermafrodita, generalmente pequeño, de hasta 20 m de alto, con copa redondeada y densa. Su tronco es poco o muy ramificado (CONABIO-CONANP, 2009). Algunas poblaciones de este mangle presentan plantas con función macho y otras de función hermafrodita (Landry *et al.* 2009 en Sánchez, 2009).

Hojas: Son redondeadas en la base y ápice. Se caracterizan por presentar un par de glándulas en la parte superior del peciolo, una junto a la otra (Agraz *et al.*, 2006; López *et al.*, 2013).

Cerca del borde de la hoja, en el envés, existen puntos translúcidos alternados (glándulas) que se pueden observar si se mira la hoja a trasluz. Dependiendo del estado de maduración de la hoja, se pueden ver como puntos claros en hojas jóvenes y oscuros en hojas maduras (CONABIO-CONANP, 2009; López *et al.*, 2013).

Raíces: *Laguncularia racemosa*, al igual que *Avicennia germinans*, posee un sistema radical subterráneo superficial con raíces hundidoras y neumatóforos. Esto parece ocurrir solo en las áreas influenciadas por ciertas fluctuaciones de las mareas (Jiménez, s.f).

Flores: Son hermafroditas y aparecen en panículas terminales o en una espiga solitaria que emerge de la axila foliar (Dawes 1991 en Díaz, 2011; Jiménez, s. f.).



Fig. 78. Inflorescencia de *Laguncularia racemosa*

Fuente: <http://www.spacecoastwildflowers.com/2013/07/merritt-island-nwr-june-30-2013.html>

Frutos: Son sedosos y carnosos, tienen forma de botella aplanada y varios surcos longitudinales (CONABIO-CONANP, 2009).



Fig. 79. Fruto de *Laguncularia racemosa*
Fuente: Agraz *et al.* (2006)



Fig. 80. Rama florífera de *Laguncularia racemosa*

Semilla: La semilla empieza a germinar dentro del fruto cuando éste se encuentra adherido al árbol. Esta incidencia de viviparidad es menor que en las otras especies de mangle, por lo general el fruto cae del árbol progenitor y la radícula emerge después de unos pocos días (CONABIO-CONANP, 2009).

Fenología: La producción de flores y semillas puede ocurrir desde los dos años de edad (CONABIO-CONANP, 2009). Tiene polinización entomófila (Jiménez 1985 en Sánchez, 2009).

Las plántulas de *Laguncularia racemosa*, al igual que las de *Avicennia germinans*, rara vez sobreviven más de seis meses bajo adultos congéneres o heteroespecíficos (Hoyos *et al.*, 2009).

Agentes dañinos: Entre las especies que le ocasionan daños está *Sphaeroma terebrans* “cochinilla de la madera” (CONABIO-CONANP, 2009).

Castillo (2001) menciona como plagas de las hojas al escarabajo de hojas (*Pseudolycaena nellyae*) y gusano de hojas (Chrysomelidae), como plagas de las flores menciona al gusano de flores (Gracillariidae), al periquito de flores o cigarrita de los árboles (Membracidae) y como plagas de los frutos al picudo de los frutos (Curculionidae), entre otros.

Usos: Se usa extensamente como leña, combustible y para fabricar carbón. Al igual, su madera dura se usa para la carpintería, construcción y fabricación de postes, cercas, durmientes, muebles, construcciones tradicionales y herramientas (CONABIO-CONANP, 2009).

Ha sido utilizado como tónico, astringente y remedio para la disentería. La corteza se emplea contra la fiebre y el escorbuto posiblemente debido a la cantidad de taninos que contiene (CONABIO-CONANP, 2009).

Conocarpus erectus Leechman. 1753

Familia: Combretaceae

Nombres comunes: Mangle piña, mangle botón, mangle botoncillo



Fig. 81. Arbusto de *Conocarpus erectus* “mangle piña”

Conocarpus erectus no es considerado un mangle verdadero, sino una especie asociada a los mangles, debido a que no presenta raíces aéreas ni viviparidad del embrión (Tomlinson 1986, en Valdez 2004; Basáñez *et al.*, 2008).

Distribución geográfica: Desde el sur de Florida, a través de México, América Central y las Antillas, hasta Perú y Brasil en América del Sur, dependiendo de la vertiente, así como el oeste de África (OFI-CATIE, 2012).

Ecología: Se establece en las zonas con menor inundación y salinidad. Se encuentra ocasionalmente en condiciones de inmersión del suelo y bajo concentraciones de salinidad altas: 0 a 90, con tolerancia hasta 120 ups (Agraz *et al.*, 2006).

Descripción botánica: Es un árbol o arbusto de hasta 10 m de altura. La copa es redondeada y densa. Suele tener múltiples troncos tortuosos, con corteza gruesa gris oscura con amplias placas delgadas (Trejo, 2009).

Puede encontrársele como dos variantes, distinguibles entre sí por sus hojas con presencia o no de una cubierta de tricomas adpresos (que no se separa de la superficie de la hoja de donde nace) que le dan una apariencia plateada y serícea (Trejo, 2009).

Hojas: Es la única especie de mangle cuyo ápice es agudo. Presenta glándulas que se localizan una a cada lado del peciolo (López *et al.*, 2013).

En el envés se pueden observar glándulas que se encuentran en las axilas que se forman entre la nervadura principal y las nervaduras secundarias. Estas glándulas axilares están inmersas en una cavidad denominada domacio, caracter que sólo se encuentra en esta especie de mangle (López *et al.*, 2013).

Flores: Las flores son hermafroditas. La inflorescencia en panículas terminales, integradas por cabezuelas globosas (Dawes, 1991 en Díaz, 2011; Agraz *et al.*, 2006).

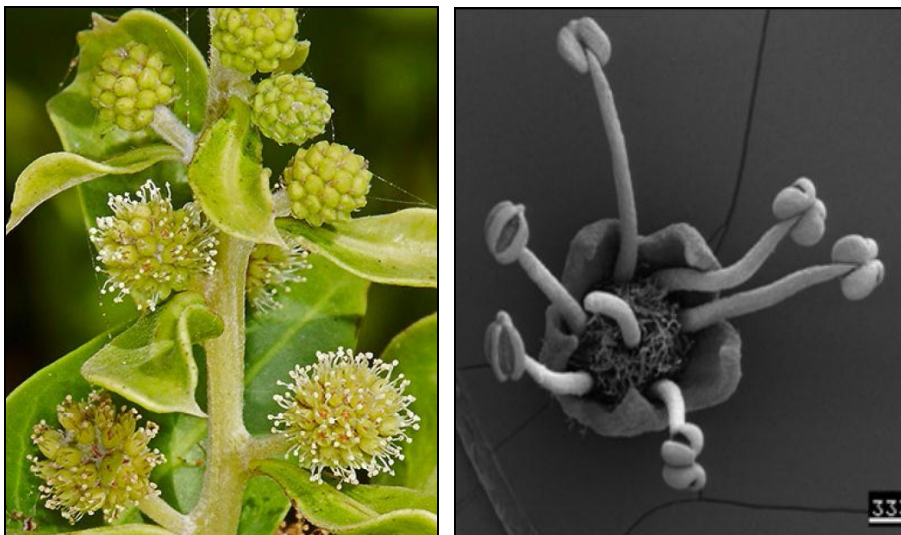


Fig. 82 y 83. Inflorescencia de *Conocarpus erectus*/Detalle de la flor

Fuente: Holt *et al.* (2013), Nava *et al.* (2011)

Semillas: Las semillas son recalcitrantes, por ello no pueden ser deshidratadas ni almacenadas a bajas temperaturas, este tipo de semillas pierde la viabilidad rápidamente, razón por la cual deben ser sembradas inmediatamente (OFI-CATIE, 2012).

En el momento en que se forman las semillas, éstas permanecen adheridas formando una piña, las cuales se agrupan en grandes racimos de 20 a 52 piñas. Al madurar las semillas, las piñas adquieren un tono café-rojizo o negro. Cada piña madura contiene de 38 a 64 semillas (Tovilla & De la Lanza, 1999).

Frutos: Los frutos son nuececillas aladas, juntos en cabezuelas globosas con todas las partes florales persistentes (SIRE, 2014; OFI-CATIE, 2012).



Fig. 84. “Piñas” de *Conocarpus erectus*

Fenología: Puede alcanzar su primera floración a los 23 meses a cielo abierto y a los 27 bajo el dosel del bosque (OFI-CATIE, 2012).

La polinización es anemófila y entomófila. La duración del proceso de floración-fructificación (desde que aparecen las primeras flores hasta que las semillas alcanzan su máximo tamaño) es de aproximadamente 45 a 58 días (Tovilla & De la Lanza, 1999).

Agentes dañinos: El insecto *Metachroma* ca. *clarkei*, del orden coleóptera, ataca el follaje (Arguedas, 2007).

Usos: Las hojas y la corteza contienen taninos y se emplean para curtir pieles. La infusión de la corteza se utiliza en medicina casera como tónico, astringente y antiinflamatorio (OFI-CATIE, 2012).

La madera se utiliza como leña y carbón, también se utiliza en construcciones rurales, fabricación de instrumentos rústicos, vigas, durmientes. En algunos sitios se cultiva como ornamental (*Conocarpus erectus* var. *sericeus*) se cultiva como ornamental (OFI-CATIE, 2012).



Fig. 85. *Conocarpus erectus* var. *sericeus*
Fuente: Trejo (2009)

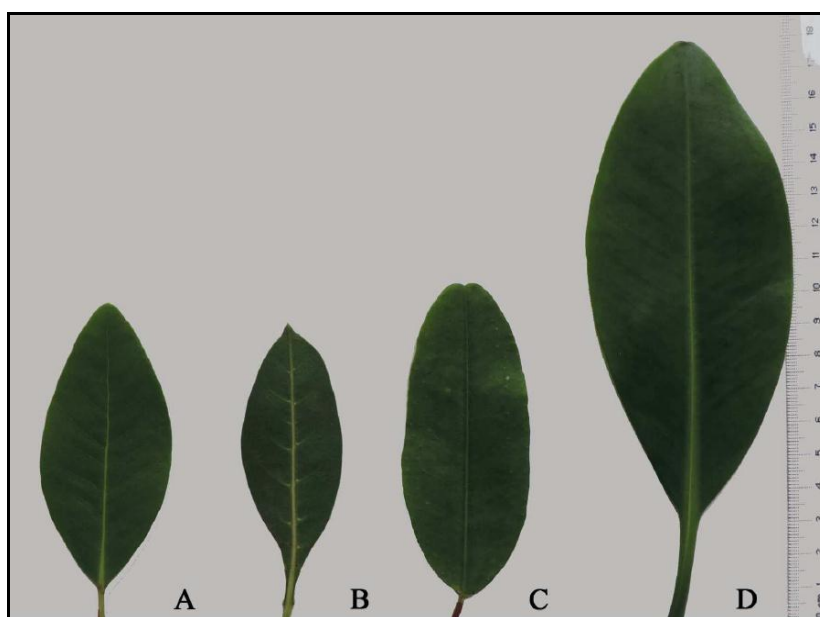


Fig. 86. Comparación de las hojas de las cuatro especies de mangle presentes en la Península de Yucatán. A: *Avicennia germinans*. B: *Conocarpus erectus*. C: *Laguncularia racemosa*. D: *Rhizophora mangle*.
Fuente: López *et al.* (2013)

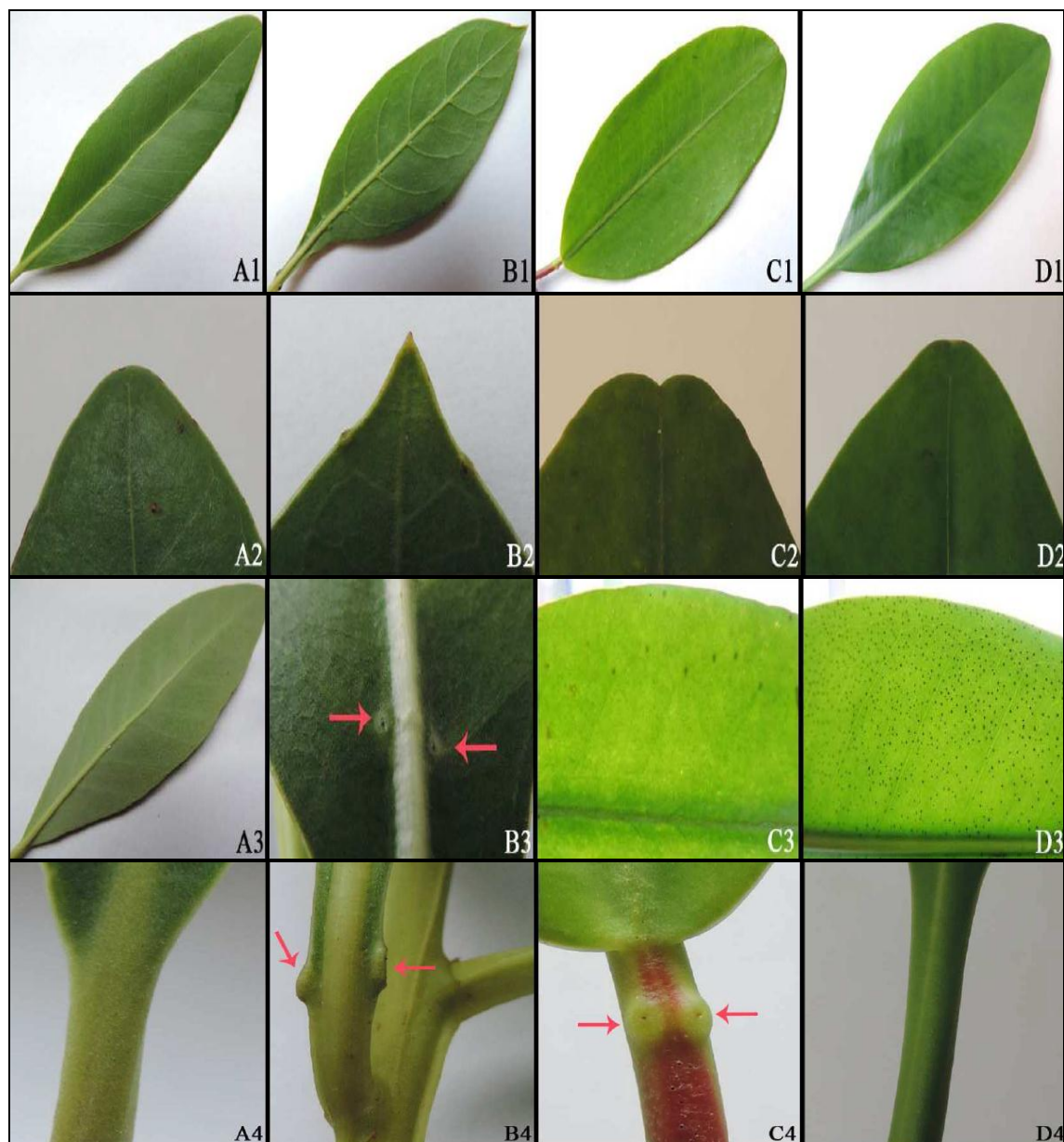


Fig. 87. Detalle de las hojas de las cuatro especies de mangle presentes en la Península de Yucatán y algunas características útiles para su identificación.

Leyenda: A1-D1: Lámina foliar. A2-D2: Ápices. A3-D3: Detalle foliar. A4-D4: Peciolos. A1-A4: *Avicennia germinans*. B1-B4: *Conocarpus erectus*. C1-C4: *Laguncularia racemosa*. D1-D4: *Rhizophora mangle*.

Fuente: López *et al.* (2013)